

Review

Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación

Marcelo U. García-Guerrero¹, Felipe Becerril-Morales²

Fernando Vega-Villasante³ & Luis Daniel Espinosa-Chaurand³

¹Laboratorio de Acuicultura C.I.I.D.I.R., Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional
Calle Hornos 1003, Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 71230, México

²Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Avenida Universidad s/n
Loma Bonita, Oaxaca, 68400, México

³Laboratorio de Acuicultura Experimental, Centro de Investigaciones Costeras
Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco, México

RESUMEN. Los langostinos del género *Macrobrachium* con interés económico y pesquero son bien conocidos y explotados en casi todas las comunidades ribereñas de Latinoamérica. Sin embargo no han sido estudiados apropiadamente, y su conservación está en riesgo. Las características económicas, sociales y culturales, de la mayoría de los países de la región, que se traducen en el deterioro del hábitat y la sobreexplotación pesquera, ponen en peligro de desaparición las poblaciones de este género de macroinvertebrados acuáticos. De esto, se desprende que todas estas especies están escasamente estudiadas y el estado actual de sus poblaciones no es conocido, si bien en el caso de *M. amazonicum* hay numerosos estudios. Las técnicas de cultivo es el rubro en que más investigación se ha realizado. En este trabajo se resume el conocimiento que se tiene sobre las especies nativas de *Macrobrachium* en Latinoamérica y se discute su importancia económica y necesidades de conservación.

Palabras clave: *Macrobrachium*, especies nativas, conservación, acuicultura, Latinoamérica.

The *Macrobrachium* prawns with economic and fisheries importance in Latin America: present knowledge, ecological role, and conservation

ABSTRACT. The prawns of the genus *Macrobrachium* with economic and fishing interest are well known and exploited in almost all coastal communities in Latin America. However they have not been properly studied and their conservation is at risk. The economic, social and cultural characteristics in most countries in the region have resulted in habitat degradation and overfishing, consequently, the populations of this genus of aquatic macro invertebrates are endangered. From this, it follows that all these are poorly studied, and their population status is not known, although in the case of *M. amazonicum* there are numerous studies. Culture techniques is the area in which more research has been done. This paper summarizes the knowledge we have on native species of *Macrobrachium* in Latin America and discusses their economic importance and conservation.

Keywords: *Macrobrachium*, native species, conservation, aquaculture, Latinamerica.

Corresponding author: Marcelo U. García-Guerrero (mgarciagu@ipn.mx)

INTRODUCCIÓN

El suborden Caridea se compone de aproximadamente 2.500 especies distribuidas en 21 familias que habitan prácticamente en todos los cuerpos acuáticos del planeta (Grave *et al.*, 2008). Entre estos, destaca la

familia Palaemonidae que incluye 36 géneros reconocidos de especies que se distribuyen en agua marina, dulce y/o salobre (Holthuis, 1952). Después de los Atyidae, los Palaemonidae más abundantes pertenecen a la subfamilia Palaemoninae, siendo el género más diverso *Macrobrachium* (Grave *et al.*,

2008), coloquialmente llamados langostinos, camarones, acamayás, cauques o gambas, dependiendo de la región. Este género lo integra al menos 238 especies que se distribuyen en la franja tropical y subtropical de todo el mundo (Grave *et al.* 2009 en Bauer, 2011a). Al interior del género, existe mucha variación en cuanto a longitud máxima, morfología y requerimientos de hábitat (Pileggi & Mantelatto, 2010). La mayoría de estas especies están descritas en los trabajos de Holthuis (1952, 1980), quien realizó una amplia revisión de los paleomónidos de América, siendo sus trabajos aún vigentes para este género. En el presente trabajo, se pretende resumir y comentar el conocimiento que se tiene de las especies nativas de Latinoamérica que se clasifican dentro de este género. Asimismo, se discute su importancia económica y la necesidad de conservarlas.

Biología y ecología de langostinos

Si bien existen numerosos estudios sobre la biología de este género, Ling (1962, 1969a, 1969b) fue quizás el primero que describió su ciclo de vida, destacando dos aspectos importantes: un desarrollo larval que comprende más de doce estadios y que, en al menos alguno de estos, necesitan agua salina para sobrevivir. Las hembras pueden desovar varias veces al año y producir miles de huevos en cada desove, que son portados bajo el abdomen durante su incubación (García-Guerrero & Hendrickx, 2009), cuya duración depende de la temperatura del agua (García-Guerrero, 2010). De acuerdo a Bauer (2011a, 2011b), las hembras se alimentan, reproducen y desovan en agua dulce, pero las larvas deben estar en el agua salina al inicio de su desarrollo. En algunas especies, los huevos son incubados y las larvas liberadas río arriba, siendo transportadas a la deriva en dirección al mar (zona estuarina) por el cauce del río. En otras especies, las hembras migran río abajo, llevando la masa de huevos más cerca de las bahías costeras o estuarios donde eclosionan. Las larvas son planctónicas y una vez que se han transformado y crecido a etapas juveniles comienzan a migrar desde la costa hasta las zonas altas de aguas dulces, contribuyendo con ello al flujo de energía convertida en biomasa, a lo largo de los diferentes hábitats por los que transitan. Las distancias recorridas pueden ser desde decenas hasta cientos de kilómetros (Bauer, 2011b). Esta característica, conocida como anfidromía (McDowall, 2007), sitúa a los langostinos en una posición sobresaliente en el elenco de adaptaciones y roles ecológicos presentes en los organismos acuáticos, incluso desde una perspectiva evolutiva. Al parecer, son pocas las especies que realizan migraciones en las que distintas clases de edad (estadios de su ciclo de vida), se desplazan y completan secciones de la ruta

migratoria, a través de un gradiente de salinidad del medio acuático (desde el mar hacia el estuario y aguas dulces o viceversa) e involucrando a una sola generación. Al menos en el caso de México, *M. americanum* y *M. carcinus* son ejemplos de especies del género en que es posible encontrar algunos grupos de edad, preferentemente juveniles, en vertientes de los ríos y cerca de la zona costera, en tanto que los ejemplares adultos se suelen distribuir preferentemente en las zonas medias y altas de las mismas vertientes, en ambientes completamente dulceacuícolas.

Los langostinos son un grupo que tiene un papel ecológico importante para la dinámica ambiental de los ecosistemas de ríos y lagunas, tanto costeras como continentales (Murphy & Austin, 2005). Son bentónicos (especialmente como juveniles y adultos), y suelen ocupar cuevas, resquicios bajo piedras y raíces sumergidas, donde encuentran refugio y alimento (Montoya, 2003). Son omnívoros y carroñeros, consumen detritos, algas, restos de animales muertos y además son depredadores de macroinvertebrados acuáticos (Albertoni *et al.*, 2003b) y peces (Rodd & Resnick, 1991; Zuk & Kolluru, 1998). Por otra parte, también suelen ser presas de vertebrados, como peces, aves y reptiles, o mamíferos como mapaches y nutrias (Ogden *et al.*, 1976; Sukumaran & Kutty, 1979; Casariego *et al.*, 2008).

Dados estos hábitos alimenticios y el sitio donde radican en la base de la columna de agua, los langostinos representan un componente importante en los procesos de recirculación de energía y nutrientes del sistema bentónico (March & Pringle, 2003). Estos crustáceos participan activamente en el proceso de bioturbación, merced a sus actividades, principalmente de forrajeo, donde el sustrato del fondo es removido y modificado. Esto significa la revitalización del fondo y la modulación de la permeabilidad de los elementos químicos involucrados en los procesos biogeoquímicos (Palmer, 1997; Covich *et al.*, 1999). Algunas especies de crustáceos, por ejemplo, pueden procesar la hojarasca acumulada en el lecho de los ríos en beneficio de otras especies y del ciclo de nutrientes (March *et al.*, 2002). Por lo tanto, la ausencia de este tipo de organismos, podría llevar a escenarios de perturbación e inestabilidad del bentos, una vez que la acumulación de materia orgánica y otros materiales puede causar condiciones anóxicas y altos niveles de amonio en lugares o épocas donde el flujo de aguas es nulo o reducido (Covich *et al.*, 1999). Por otra parte, y más allá de su presencia *per se*, la composición específica en ensamblajes de langostinos, es relevante en algunas comunidades del bentos (Covich & McDowell, 1996). Por ejemplo, de

acuerdo a su actividad de ramoneo sobre comunidades algales y de macroinvertebrados (quironómidos), ensambles de langostinos (géneros *Macrobrachium*, *Atya* y *Xiphocaris*) regulan las interacciones con otros herbívoros como moluscos y otros tipos de crustáceos (March *et al.*, 2002).

Los participantes de dichas interacciones (individuos de cada especie en el ensamble) pueden estar presentes en distintas secciones de los ríos, desde la cabeza hasta la desembocadura, en aguas marinas y estuarinas, según los pulsos migratorios (Bauer, 2011a, 2011b). De acuerdo a lo anterior, la influencia de las poblaciones de langostinos, y por tanto su rol ecológico, puede extenderse a lo largo de las cuencas fluviales, acoplarse a los sistemas marinos o estuarinos e incluso trascender a otras cuencas, vía procesos de dispersión tanto en estadios larvarios (fases planctónicas) como adultos (durante eventos de rebalse o inundaciones en zonas de baja pendiente, como planicies costeras) (Bauer, 2011a, 2011b).

Desde un punto de vista ecológico, la característica que quizás distinga particularmente a los langostinos del género *Macrobrachium*, puede ser el rol que juega el tamaño de los individuos tanto en las habilidades competitivas a nivel interespecífico, como en la posición de las especies en la trama trófica del bentos dulceacuícola (Cushing, 1989). Esta aseveración se basa en que la condición de migrantes anfidromos como la de su funcionalidad trófica (predadores y carroñeros omnívoros), pueden compartirla con otras especies bentónicas (otros crustáceos carideos). Las especies de *Macrobrachium* suelen alcanzar tamaños relativamente grandes, haciéndolas proclives a mayores tasas de consumo en el forrajeo (competencia por explotación), o bien aprovechar mejor sus conductas territoriales o de dominancia (competencia por interferencia). Desde luego, lo anterior requiere respaldarse con estudios empíricos que se podrían orientar también a explorar la relación entre el tamaño y diversidad del género, la cual es amplia en este grupo. Por otra parte, el tamaño de los langostinos de este género también podría ser un elemento relevante en la percepción de uno de sus depredadores más tenaces: el ser humano.

Importancia económica de langostinos

Algunas de las especies de *Macrobrachium* tienen un alto valor económico sobre la base de su sabor, alto contenido de proteína y atractivo visual, siendo un producto bien cotizado como alimento para consumo humano (Kent, 1995). A nivel mundial, este mercado es abastecido principalmente por *Macrobrachium rosenbergii*, especie asiática ampliamente cultivada, que se produce en India, China y Tailandia, desde donde se exporta a Europa, Asia y Norteamérica

(New, 2009). La producción mundial de langostinos del género *Macrobrachium* es reducida, al compararla con la de los decápodos marinos de la familia Penaeidae, debido quizás a que estos, por sus características poblacionales de habitat, pueden ser extraídos masivamente del mar y existen técnicas bien establecidas para la producción de juveniles de las principales especies de interés empleadas en la acuicultura. Distinto es el caso de las especies de *Macrobrachium* que no son explotadas o producidas en la misma escala. Su pesca reporta cifras mucho más bajas, al igual que la producción en cultivo. Sin embargo, el que sea un producto que puede cultivarse en agua dulce (New, 2002, 2005), su pesca y cultivo reviste gran importancia, sobre todo en zonas alejadas de la costa, donde el agua salada no es fácilmente disponible. De acuerdo a la FAO, desde 1980 la producción mundial de langostinos de agua dulce vía la acuicultura se ha ido incrementando constantemente, estimándose en la actualidad en aproximadamente 460.000 ton año⁻¹ de las cuales casi la mitad corresponden a *M. rosenbergii*, proveniente de Asia (New, 2009). La otra mitad, que proviene presumiblemente de la pesca, menos del 20% corresponde a América Latina con producción o pesca principalmente de especies nativas de gran tamaño y con demanda en el mercado (New, 2009). Es importante señalar que no existen o no están disponibles datos actualizados de explotación pesquera en América Latina, pues en todos los países de la región la pesca de este género es principalmente artesanal o de subsistencia por parte de comunidades asentadas en las márgenes de los ríos; con frecuencia ejercida de manera informal o ilegal y, en la mayoría de los casos, su captura no es reportada o documentada oficialmente. Además de la producción derivada de la pesca, se tiene cierta producción de *M. rosenbergii*, que se ha introducido y se cultiva en América Latina (New, 2002, 2009).

Actualmente, diversos grupos de investigación han dedicado ciertos esfuerzos a conocer los atributos biológicos o ecológicos que definen a las especies de este género que tienen importancia económica. La mayoría de la información disponible para especies nativas de América Latina describe aspectos biológicos, ecológicos y en ocasiones de cultivo controlado (presente estudio), pero poco se conoce sobre los números reales de explotación pesquera o del estado real de sus poblaciones. Las más explotadas son, dependiendo de cada zona geográfica, *M. carcinus*, *M. amazonicum* y *M. acanthurus* del lado del Atlántico o bien *M. americanum*, *M. tenellum* y *M. digueti* del Pacífico. Para todas ellas, si bien se conoce su biología básica, escasamente se tiene información de sus atributos poblacionales y su explotación por las causas antes mencionadas. Actualmente, la principal

atención se relaciona con su captura para consumo, sea con trampas, nasas, arpones, atarrayas o en forma manual. Las mejores oportunidades de captura ocurren durante el período reproductivo debido a que en esas épocas suelen, sobre todo las hembras, realizar migraciones para liberar las larvas cerca de la costa (Bauer, 2011a, 2011b). Dado que estas llevan los huevos adheridos entre los pleópodos, su extracción implica también la pérdida de la progenie.

Estudios realizados sobre el género

Revisando la literatura existente para el género, no se puede ofrecer un claro panorama sobre el estado actual de sus poblaciones. Sin embargo, se ha sugerido que, una disminución en las poblaciones naturales ha ocurrido durante los últimos 20 años a nivel global (Mantelatto & Barbosa, 2005), aún cuando no se tienen datos estadísticamente confiables sobre el *status* de cada una de estas poblaciones. Las limitantes para su conservación se deben principalmente a la sobrepesca y a condiciones adversas que, para su desarrollo, afectan áreas específicas, la falta de regulación y limitado conocimiento sobre estos grupos (Covich *et al.*, 1999; Bauer, 2004), así como de las obras hidráulicas como las presas hidroeléctricas. Por otra parte, existe mayor información para temas relativos a taxonomía, adapta-bilidad al cultivo y en algunos casos, sobre ecología de poblaciones. Quizás los países con más estudios en este grupo son Brasil (donde los estudios se centran en las especies de importancia pesquera) y Costa Rica.

Principales estudios en América Latina

Mercado (1959), hizo quizás los primeros esfuerzos para evaluar el potencial de cultivo pero no ofreció resultados concluyentes. Rodríguez de la Cruz (1965, 1967) realizó estudios sobre el conocimiento de los palaemónidos de México, haciendo énfasis en el género *Macrobrachium*. Guzmán *et al.* (1977) realizaron estudios de varias especies y sus posibilidades de cultivo en Michoacán y Guerrero, México, pero sin ofrecer resultados concluyentes. Hunte (1978) efectuó estudios de su distribución en aguas del Caribe. Moreira *et al.* (1982) analizaron el efecto de la salinidad sobre la tasa metabólica de las larvas, encontrando la obvia disminución en salinidades extremas. Meusey *et al.* (1987) realizaron estudios inmunológicos y de vitelogénesis. Abele & Kim (1989) hicieron un estudio descriptivo sobre los decápodos de Panamá, que incluyó a las especies de *Macrobrachium* de interés comercial y pesquero. Bowles *et al.* (2000) efectuaron una revisión de los factores ambientales que amenazan su supervivencia, destacando la contaminación y desvío de los ríos como los más graves. Mejía-Ortiz *et al.* (2001)

analizaron la fecundidad de diferentes especies del género en ríos de México. De acuerdo a este trabajo, adultos de *M. acanthurus* y *M. carcinus* ocuparon las partes bajas del río en la zona estuarina, mientras que los reproductores de *M. heterochirus* se distribuyeron de 105 a 535 m de altitud. Asimismo, *M. acanthurus* exhibió diferencias significativas en la fecundidad debidas a la época del año, longitud promedio de hembras ovígeras y tamaño de los huevos. Para *M. heterochirus*, el tamaño del huevo varió dependiendo de la época del año y de su ubicación en el río. Finalmente, para *M. carcinus*, el tamaño del huevo varió solamente debido a la época del año. Anger *et al.* (2002) estudiaron el tamaño y composición bioquímica de los huevos de varias especies, encontrando siempre como componente principal a las proteínas y a los carbohidratos como minoritarios. Debrot (2003) realizó listados para las especies del género en aguas de las Antillas. Montoya (2003) estudió la asociación entre especímenes del género y las raíces de juncos, donde frecuentemente se refugian. Grabe (2003) estudió la capacidad de dispersión larvaria en bahía de New Hampshire, encontrando una relación total con el movimiento de las corrientes. Albertoni *et al.* (2003a) evaluaron el efecto de las dietas naturales en el crecimiento de varias especies del género, encontrando como los principales alimentos a las larvas de quironómidos, poliquetos, macroalgas y detritos. Murphy & Austin (2005) realizaron extensos estudios sobre la distribución global del género, dando detalles de su biogeografía y taxonomía, explicando la relación evolutiva entre anfidromía y desarrollo abreviado de las larvas. Un estudio interesante, que no es específico sobre este género, pero que lo incluye, fue realizado por Jackson & Füreder (2006), quienes analizaron su significancia ecológica y cuyas observaciones se plasmaron en el presente estudio. En el mismo año, Covich *et al.* (2006) estudiaron el efecto de huracanes e inundaciones sobre las poblaciones de este género, encontrando que la presencia de especies declina con el aumento o gravedad de la inundación, en tanto que los huracanes no parecen influir en modo alguno. Valencia & Campos (2007) describieron todas las especies del género para aguas de Colombia. Almeida *et al.* (2008) realizaron un listado de las especies principales del género distribuidas en Brasil. Freire *et al.* (2008) y Foster *et al.* (2010) analizaron las capacidades osmorregulatorias en varias especies del género. Hernández *et al.* (2007) revisaron la distribución del género en la península de Baja California, México, lugar donde se distribuye escasamente. Mejía-Ortiz *et al.* (2010) realizaron estudios de fecundidad. Mossolin *et al.* (2010) hicieron estudios biológicos del género en la costa de São Paulo, Brasil, encontrando a *M. amazonicum*

y *M. carcinus* como las más abundantes. Pileggi & Mantelatto (2010) analizaron la genética molecular de todo el género, con énfasis en la relación entre las que se distribuyen en Brasil. Barba *et al.* (2010) describieron la abundancia y distribución en humedales de Tabasco, México. Mejía-Ortiz & Álvarez (2010) determinaron el efecto estacional en la distribución de especímenes del género a lo largo de un gradiente latitudinal. Torati *et al.* (2011) investigaron la distribución del género en Panamá. Además, destacan los estudios de Bauer (2011a, 2011b) sobre las migraciones de poblaciones de *Macrobrachium* a lo largo de los ríos.

Estudios sobre la costa del océano Pacífico

Macrobrachium americanum (Fig. 1)

Es una especie que puede alcanzar un gran tamaño en el medio silvestre y su distribución natural comprende desde el norte de México hasta Perú (Hernández *et al.*, 2007). Es explotada bajo la pesca informal en toda su distribución. En numerosos países y en diversas ocasiones, se ha intentado cultivarlo y producirlo bajo un esquema económicamente productivo sin éxito y sin que exista alguna técnica confiable, sobre todo en la producción larval. Mónaco (1975) cultivó las larvas hasta obtener juveniles, cuya sobrevivencia fue considerablemente baja. McNamara *et al.* (1983) estudiaron el efecto de la salinidad en la tasa respiratoria, la sobrevivencia y la muda del primer estadio zoea, encontrando en ésta una reducida tolerancia. Arana & Ortega (2004) intentaron cultivarlo bajo condiciones controladas ofreciendo algunas ideas para su manejo. El parasitismo sobre esta especie, particularmente por isópodos bopíridos, fue estudiado por Román-Contreras (1993). Ruiz *et al.* (1996) estudiaron las relaciones morfométricas encontrando crecimiento mayor en machos, pero igual proporción en ambos sexos. García-Guerrero & Apun-Molina (2008) analizaron el efecto de la densidad y la presencia-ausencia de refugios en la sobrevivencia y crecimiento de juveniles mantenidos en tinas, observando que los ejemplares mantenidos a baja densidad y con refugio disponible crecen mejor. García-Guerrero & Hendrickx (2009) describieron su desarrollo embrionario. García-Guerrero (2009, 2010) estudió la composición proximal de los huevos incubados a diferentes temperaturas, encontrando los lípidos como el componente que se usa más como combustible y las proteínas como el más abundante. Gutiérrez (2010) desarrolló estudios comparativos morfométricos y de reproducción de *M. tenellum*, *M. panamensis* y *M. americanum*, especies de importancia pesquera. Sobre distribución y ecología, existe el trabajo de Villalobos-Hiriart *et al.* (2010),



Figura 1. Macho adulto (izquierda) y hembras adultas (derecha) de *Macrobrachium americanum*.

en la costa del Pacífico mexicano, que también incluye este género. García-Guerrero *et al.* (2011) estudiaron el consumo de oxígeno de especímenes, siendo la temperatura el factor determinante en su consumo.

Macrobrachium tenellum (Fig. 2)

Esta especie ha sido considerada un buen candidato para el cultivo, ya que se encuentra en altas densidades en la naturaleza, no es agresiva y puede tolerar un amplio y fluctuante intervalo de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno (Ponce-Palafox *et al.*, 2002). Es objeto de pesca tradicional en poblaciones ribereñas de ríos y lagunas costeras, en muchas zonas de México, El Salvador y Guatemala (Cabrera, 1983), y se aprovecha para el autoconsumo o para su venta local (Espino-Barr *et al.*, 2006). Su rango de distribución natural es en la costa del Pacífico, desde Baja California (27°N) y Sonora (26°45'N), en México, hasta el río Chira, en el norte de Perú (5°S) e islas Galápagos (Holthuis, 1952; Boschi, 1974; Goodyear *et al.*, 1976; New, 1988; Arroyo-Rentería & Magaña-Ríos, 2001; Jayachandran, 2001; Arzola-González & Flores-Campaña, 2008).

Estudios específicos de la biología y ecología (distribución espacio-temporal, abundancia, ciclo de vida, etc.) en *M. tenellum* se iniciaron en los años 70', con los trabajos de Guzmán (1975, 1976, 1977), Guzmán *et al.* (1977) y Román-Contreras (1979), en lagunas costeras de Guerrero, México. Estos trabajos, en conjunto, señalan que esta especie es común, de amplia distribución y fácil de mantener en cautiverio. Trabajos posteriores sobre estos tópicos fueron realizados por Guzmán (1977), Ruiz-Santos (1988), Román-Contreras (1991) y Signoret & Brailovsky (2002), para esta misma zona, llegando a conclusiones similares. El parasitismo en esta especie, sobre todo



Figura 2. Macho adulto de *Macrobrachium tenellum*. (Foto de Laboratorio de Acuicultura Experimental CUCosta-UdeG)

por isópodos bopíridos fue estudiado por Román-Contreras (1993). Se han realizado investigaciones sobre su fisiología, entre las que destacan la de Cuevas-Félix (1980), que determinó su tasa respiratoria y las de Hernández-Rodríguez (1994), Rodríguez *et al.*, (1996), Rodríguez & Ramírez (1997), Hernández *et al.* (1995, 1996) y Rodríguez-Flores (2011), que estudiaron los efectos de la temperatura sobre esta especie, encontrándola como factor determinante en su tasa metabólica, que es directamente proporcional al tamaño y a la temperatura. Así mismo, Aguilar-Juárez (1995), Signoret-Poillon & Soto (1997) y Aguilar *et al.* (1998), se enfocaron a aspectos de su osmorregulación. Estos estudios ponen en evidencia las dificultades del langostino para compensar su fisiología a salinidad alta, si bien puede tolerarla. Gómez *et al.* (2008) estudiaron el efecto de diferentes dietas isoproteicas a partir de soya en el crecimiento. Con relación a su ciclo de muda, el único trabajo existente es el de Yamasaki *et al.* (2012), que encontraron un intervalo que, en promedio, puede durar 8,9; 9,4; 10,4 ó 15 días, dependiendo del tamaño. También se han realizado estudios sobre los parámetros morfométricos de la calidad de los huevos (García-Ulloa *et al.*, 2004), encontrando que la calidad del huevo tiene relación directa con la longitud de la hembra. Ocaña-Luna *et al.* (2009) y Ponce-Palafox *et al.* (2005) estudiaron, respectivamente el parasitismo hacia la especie y las enfermedades que la afectan. Aquí, se encontró que la principal causa de muerte es por condiciones anóxicas en el agua de los estanques y por enfermedades infecciosas, no infecciosas y parásitos. Además, Navarro-Hurtado (2002), Ponce-Palafox *et al.* (2002, 2006), Sánchez-Granados (2008)

y Vega-Villasante *et al.* (2011b), han contribuido a las técnicas de cultivo y el cultivo o policultivo de *M. tenellum* en estanques rústicos y semi-rústicos.

Recientemente, Espinosa-Chaurand *et al.* (2011), realizaron una revisión de la información existente y disponible sobre aspectos biológicos y de cultivo, para presentar de forma clara y secuencial este conocimiento, que permita el desarrollo de nuevos caminos en la investigación y aprovechamiento sostenible de este recurso. Vega-Villasante *et al.* (2011a) elaboraron un manual que detalla aspectos básicos de su biología y cultivo. Debido al potencial socioeconómico de la especie, en los últimos años destacan los estudios realizados por el grupo de trabajo de Vega-Villasante, sobre la biología, ecología, fisiología, reproducción, cultivo, nutrición, contaminantes y etología de la especie. Este tipo de investigaciones se encaminan hacia la comprensión, protección y aprovechamiento sustentable de este recurso.

***Macrobrachium digueti* (Fig. 3)**

De las consideradas en el presente estudio, esta es probablemente la especie con menos estudios formales. Se distribuye en toda la cuenca del Pacífico tropical (Hernández *et al.*, 2007). La mayoría de los estudios se refieren a su abundancia y rango de distribución (Abele & Blum, 1977; Núñez, 2004; Luque, 2007; Valencia & Campos, 2007; Lara & Wehrmann, 2012) o a su taxonomía (Holthuis 1954; Rossi, 2012). Se ha considerando en estudios ecológicos donde se destaca su papel como macroconsumidores de detritos (Rosemond *et al.*, 1998). Se ha reportado que ha sido desplazada de su hábitat natural por especies invasoras como el acocil *Procambarus clarkii* (Hernández *et al.*, 2008). También ha sido utilizada como bio-indicador en programas de contaminación encontrando que puede acumular concentraciones altas de metales traza, como plomo y mercurio (Ruelas-Inzunza *et al.*, 2011).

Estudios sobre la costa del océano Pacífico

***Macrobrachium carcinus* (Fig. 4)**

Este langostino de gran tamaño, muy similar en apariencia a *M. americanum*, se distribuye desde Florida (USA) hasta el sur de Brasil (Murphy & Austin, 2005). También se han hecho intentos de domesticación para mantenerlo en cultivo, con éxito parcial y, en algunos casos, con guías o manuales de manejo. Lewis & Yard (1965) estudiaron parcialmente el desarrollo de las fases larvianas. Mistakidis (1966) comenzó con los estudios de su distribución en aguas de Brasil. Choudhury (1971) realizó estudios enfoca-



Figura 3. Macho adulto de *Macrobrachium diguetti* (Foto de Luís Rólier Lara).



Figura 4. Macho adulto de *Macrobrachium carcinus* (Foto de Arthur Anker).

cados a su crianza en laboratorio, particularmente de las etapas larvarias y su alimentación encontrando que después de seis días sin alimento mueren y que a salinidades de 14 ups tendrían la mejor supervivencia. Gamba (1982) realizó estudios de distribución en estuarios de Venezuela. Moreira *et al.* (1988) evaluaron el efecto de la salinidad del agua en la capacidad osmoregulatoria, encontrando que las fases tempranas tienen una menor capacidad osmoregulatoria al faltar desarrollo en las estructuras branquiales y que la disminución de la salinidad causa un decremento en su capacidad osmótica. Casas-Sánchez *et al.* (1995) administraron dietas vegetales variadas encontrando que hasta 7 kg de alimento son necesarios para producir 1 kg de langostino. Herman *et al.* (1999) hicieron una revisión de las posibilidades y el potencial para su cultivo larval, sin resultados concluyentes. Moreno *et al.* (2000) realizaron un estudio comparativo de su reproducción en medio natural y cautiverio, encontrando que el rendimiento es menor en animales de cautiverio. Chung (2001) realizó estudios de adaptabilidad fisiológica a cambios en salinidad. Silva-Montenegro *et al.* (2001) revisaron el contexto cultural y ecológico en torno a la pesquería de esta especie y sus análisis de producción anual mostraron que el rendimiento medio diario de los 15 pescadores estudiados fue de 0,25 kg. Graziani *et al.* (2003) estudiaron las posibilidades de hibridación entre éste y *M. rosenbergii*, encontrando que pueden producirse cigotos híbridos, pero sin desarrollo más allá de gástrula. Signoret & Brailovsky (2004) estudiaron la capacidad adaptativa osmótica, encontrando que *M. carcinus* presenta un comportamiento hiperosmótico en salinidades de 0 a 15 ups, con un punto isosmótico de 490 mOsm kg⁻¹, con tendencia a ser hipoconforme en altas salinidades

tolerando una máxima de 30 ups. Valverde-Moya (2006) produjo un manual de manejo y engorda para la especie con base a especímenes del Caribe en Costa Rica. Santos *et al.* (2007) evaluaron el efecto de diferentes dietas en la sobrevivencia larvaria, encontrando la mejor sobrevivencia en larvas alimentadas con una combinación de nauplios de *Artemia* y dieta formulada. Por último, recientemente se tienen los estudios de biología reproductiva de Lara & Wehrtmann (2009).

Macrobrachium amazonicum (Fig. 5)

Tiene un gran tamaño, lo que la hace atractiva tanto para la pesca como para la acuicultura. Del género, es la especie más conocida a través de estudios formales, realizados sobre todo en la última década. Al parecer, es originaria de la cuenca del Amazonas, particularmente en el Orinoco y Bajo Paraná, pero ha sido trasladada a una zona más amplia ya que actualmente se distribuye ampliamente en sudamérica, en variados hábitats de ríos y estuarios de Guyanas, Colombia, Venezuela, Paraguay y Brasil (Vergamini *et al.*, 2011). Estos mismos autores reportan que existe cierta variabilidad genética entre diferentes poblaciones, aunque con un mismo origen, que hoy se encuentran aisladas. Mistakidis (1966) publicó los primeros registros de distribución en Santa Catarina, Brasil. Moreira *et al.* (1983) estudiaron las capacidades osmorregulatorias en función de las capacidades respiratorias. El desarrollo larval fue descrito por Magalhães (1985). Más tarde, Proverbio *et al.* (1990) estudiaron la actividad enzimática observando que el Na⁺ y K⁺ estimulan la ATPasa, pero son totalmente inhibidos por el ácido 5 mM ethacrynico. Collart (1990) exploró su carácter como hospedero de parásitos encontrando a los isópodos bopíridos como



Figura 5. Superior, macho adulto de *Macrobrachium amazonicum*. Inferior, hembra ovígera (Fotos de Marcello Villar Boock).

los más frecuentes. Collart (1991) estudió sus estrategias reproductivas observando hembras ovígeras todo el año pero variando su abundancia con la temperatura estacional, hora del día y flujo de los ríos como factores determinantes para la presencia-ausencia de hembras ovígeras y larvas. Zanders & Rodríguez (1992) analizaron el efecto del estrés causado por permanecer en temperatura y salinidad inadecuadas tomando como indicador el consumo de oxígeno, observando que el nivel de estrés está directamente ligado con un alto consumo de oxígeno. Moreira & Collart (1993) analizaron la migración vertical de larvas en un lago Amazónico, determinando que migran durante la noche. Collart & Moreira (1993) estudiaron su potencial pesquero en la Amazonia central y afirman que el potencial en ese año fue considerable. Odinetz-Collart & Rabelo (1996) analizaron la variación de tamaño de los huevos tanto de una sola hembra como entre varias, encontrando una variación significativa entre hembras de localidades geográficamente aisladas. Gamba (1997) realizó estudios de biología reproductiva. Anger & Moreira (1998) estudiaron aspectos morfométricos de las larvas encontrando que no existen diferencias inter pero sí intraespecíficas. Coler *et al.* (1999) evaluaron la factibilidad de usar esta especie como biomarcador y monitor de la calidad del agua, observando que bajos niveles de contaminantes químicos alteran su tasa respiratoria, lo que la convierte en buen indicador. Silva *et al.* (2004) evaluaron la fecundidad y fertilidad y determinaron una fecundidad de 696 a 1.554 huevos/hembra. Moraes-Riodades & Valenti

(2004) realizaron una identificación de morfotipos en diferentes localidades encontrando cuatro, cada uno de los cuales juega un rol ecológico distinto. Furuya *et al.* (2006) estudiaron la composición de ácidos grasos en tejido muscular indicando que las frecuencias totales de ácidos grasos fueron de 36,9% para los ácidos grasos omega-3, y 46,8% para ácidos grasos poliinsaturados. El omega-6/omega-3 (n-6/n-3) y el índice poliinsaturados para saturado (PUFA/SFA) fueron de 0,3 y 1,6, respectivamente. Posteriormente, Furuya *et al.* (2007) analizaron el crecimiento en cultivo intensivo, encontrando que esto produce heterogeneidad en tallas, que se incrementa a mayores densidades. Augusto *et al.* (2007) estudiaron la ontogenia de la regulación osmótica intracelular larval encontrando una directa relación entre esta capacidad y los aminoácidos libres en la hemolinfa. Araujo & Valenti (2007) analizaron los hábitos alimenticios de las larvas mantenidas en unidades de cultivo encontrando que pueden sobrevivir sin alimento hasta zoea III y sólo aceptan alimento vivo hasta la zoea VII. Sampaio *et al.* (2007) estudiaron su ciclo reproductivo. Carvajal *et al.* (2009) analizaron la bioacumulación de oligoelementos en tejidos. Sus resultados sugieren que es una fuente rica en oligoelementos cuando se compara con otros alimentos de la dieta humana y presenta una cierta capacidad para la bio-acumulación de cobre y zinc, especialmente en el exoesqueleto. Moravec & Santos (2009) estudiaron el parasitismo de varios invertebrados sobre esta especie, encontrando al género *Pseudoproleptus* como el parásito más frecuente. Silva *et al.* (2009) realizaron un análisis estructural de las gónadas. Madrid (2009) estudió las relaciones entre los depredadores y presas en función del tamaño determinando una correlación significativa entre ellas. Belli *et al.* (2009) estudiaron la actividad osmótica en las branquias en un estudio que destaca el papel de Na, K y ATPasa en esta actividad. Anger *et al.* (2009) revisaron los patrones de crecimiento y composición bioquímica en larvas, destacando que los patrones de crecimiento de las larvas se caracterizan por relaciones lineales entre sus diferentes etapas y la biomasa. Souza *et al.* (2009) lo sometieron a policultivo con tilapia, para evaluar su factibilidad; no encontrando afectación alguna para la tilapia y sí beneficios de crecimiento para el langostino. Anger & Hayd (2009, 2010) analizaron la ontogenia de la alimentación observando que se desarrolla con éxito desde la eclosión de zoea I hasta zoea III sin alimento, pero si se les da alimento el desarrollo es más rápido, lo que demostró que serían lecitotróficas facultativas. Lucena-Frédou *et al.* (2010) estudiaron su dinámica poblacional en algunas regiones amazónicas y repor-

taron que las hembras ovígeras se registraron durante todo el año, con máximos reproductivos en la mitad del periodo de inundación (marzo), periodo de estiaje (septiembre), y periodo seco (diciembre). La longitud media de las hembras maduras fue de 60,8 mm y su fecundidad varió entre 40 y 3375 huevos. Arruda *et al.* (2010) estudiaron la excreción de amonio durante las fases larvianas y sus resultados indican que la tasa metabólica es proporcional a la masa corporal y las variaciones en la excreción de amoníaco durante esta etapa pueden estar asociadas con el tamaño. Almeida *et al.* (2010) evaluaron el crecimiento de especímenes mantenidos en jaulas, afirmando que su productividad varió significativamente entre densidades, siendo aproximadamente cuatro veces mayor a 800 animales por m² en comparación con densidades menores. De ello sugieren que el mantenimiento de juveniles con carácter experimental a altas densidades en jaulas puede ser viable. Vergamini *et al.* (2011) estudiaron su variabilidad genética en aguas de Brasil y sugieren que puede someterse a especiación dentro de su amplia distribución geográfica. Manifiestan que las secuencias obtenidas se pueden utilizar como campos de identificación de población y son útiles para identificar el origen de los especímenes utilizados en diferentes cultivos o en casos en que se introducen poblaciones de origen desconocido. Faleiros *et al.* (2010) analizaron el transporte activo en las membranas branquiales durante la osmoregulación y observaron dos tipos de células que exhiben extensas evaginaciones apicales e invaginaciones profundas de membrana, que están asociadas con numerosas mitocondrias, lo cual es característico de un epitelio con transporte de iones. Se afirma que estas células participan durante la aclimatación a la salinidad y parecen realizar la absorción y secreción de iones y Cl por las branquias. Henry-Silva *et al.* (2010) analizaron las características físicas y químicas del agua de los estanques donde se cultiva la especie y, a raíz de su variabilidad, señalan que cuanto mayor sea la densidad de cultivo, mayores serán los valores totales de nitrógeno, fósforo, amonio y la turbidez. Ribeiro *et al.* (2010) hicieron un policultivo de esta especie con el pez ángel (*Pterophyllum scalare*), concluyeron que juntos es una estrategia mejor que el monocultivo, lo cual mejoraría la productividad y rentabilidad. Marques *et al.* (2010), analizaron el efecto de la densidad en juveniles mantenidos en jaulas y afirman que es viable hasta una densidad de 80 juveniles por m². Preto *et al.* (2010, 2011) estudiaron la estructura poblacional que se produce en estanques cuando se cultiva a diferentes densidades y, en 2011, las estrategias de producción en cautiverio. Bentes *et al.* (2011) analizaron su distribución espacio-temporal en

estuarios de Brasil. Ribeiro *et al.* (2011) determinaron la relación entre los ácidos poliinsaturados en la dieta y la fecundidad en esta especie, y afirman que el aumento del nivel de ácidos en la dieta no produce ningún efecto sobre la fecundidad. Araujo & Valenti (2011) revisaron el efecto de la intensidad luminosa en el desempeño de las larvas y encontraron que la tasa de sobrevivencia no fue afectada por la intensidad de la luz, y que la productividad y aumento de peso fueron mayores. Valenti *et al.* (2011) efectuaron un análisis económico del cultivo de esta especie y encontraron que puede ser una actividad muy lucrativa en la zona de estudio. En tanto, Kimpara *et al.* (2011) realizaron el estudio físico y químico del agua de cultivo en estanques afirmando que la engorda en estanques sometidos a un aporte de alimentos ricos producen cambios en las propiedades del agua, acumulación de sedimentos orgánicos en el fondo que no se degradan fácilmente, si bien la calidad del agua sigue siendo adecuada. Queiroz *et al.* (2011) por su parte analizaron la ontogénesis del aparato digestivo y determinaron que la alimentación de las larvas es lecitotrófica en una primera etapa y la alimentación exógena se inicia después de la segunda muda. El intestino anterior de las larvas se somete a diversos cambios morfológicos durante el desarrollo larval y el intestino anterior es principalmente un órgano de mezcla, debido a la ausencia de molinos gástricos o estructuras similares. Además, señalan que en las postlarvas, ocurren drásticos cambios morfológicos en el intestino anterior y piezas bucales, para adaptarse a la mayor diversidad de alimentos que están disponibles en su nuevo hábitat bentónico. Recientemente, Charmantier & Anger (2011) estudiaron la ontogenia de las capacidades osmorregulatorias, encontrando en dos poblaciones de langostinos hidrológica y genéticamente aisladas, una estrecha relación entre los patrones diferenciales de cambio ontogenético en funciones osmorregulatorias a la salinidad y en ecología de las sucesivas etapas del ciclo biológico. En todas las etapas de la población juvenil o adulta, la adquisición de una mayor capacidad para hiper-osmorregular en agua dulce y la pérdida completa de la capacidad de hipo-osmorregulación a altas concentraciones de sal, representan diferencias con respecto a poblaciones diadromas. Estas diferencias reflejan los diferentes estilos de vida y estrategias reproductivas, que sugieren una separación filogenética.

Macrobrachium acanthurus (Fig. 6)

Se distribuye desde Carolina del Norte en Estados Unidos hasta Río Grande del Sur en Brasil (Torati *et al.*, 2011). Dobkin (1971) publicó estudios parciales

del desarrollo larvario. Hagood & Willis (1976) efectuaron un análisis de los costos de producción de larvas para engorda, considerando la mano de obra, electricidad, agua y alimento como los principales gastos y determinando su producción como mucho más cara que para *M. rosenbergii*. Roegge *et al.* (1977) analizaron métodos de control químico para eliminar algunos cnidarios en cultivos de larvas de esta especie encontrando la formalina a 50 ppm como lo mejor. Ventura & Mattei (1977) estudiaron la capacidad visual en especímenes mantenidos en laboratorio y los encontraron como fototácticamente negativos. Gamba (1982) y Gamba & Rodríguez (1987) analizaron el comportamiento migratorio de larvas en lagunas tropicales de Venezuela encontrando una alternancia de larvas entre plancton y bentos, dependiendo el estadio, y que sus movimientos y actividad son preferentemente nocturnos. Moreira *et al.* (1982) e Ismael & Moreira (1997) estudiaron el efecto de la temperatura y salinidad en la tasa respiratoria de las larvas y afirman que no toleran el agua dulce, teniendo capacidades adecuadas alrededor de 25°C y 14 ups. Bernardi (1990) estudió el efecto de la temperatura en juveniles tomando como parámetros la locomoción e ingesta de alimento encontrando una mayor actividad nocturna y una baja ingesta de alimento a temperatura baja (15-20°C). Gasca-Leyva *et al.* (1991) analizaron los requerimientos de oxígeno de especímenes mantenidos a diferentes temperaturas y salinidades, encontrando una disminución de la tasa respiratoria a altas salinidades y que su consumo se incrementa con la temperatura y es inversamente proporcional al tamaño. Gargioni & Barranco (1998) analizaron la actividad hemocítica y observaron que está dominada por células del H, SG y G dentro de la clasificación estándar. Domínguez-Machín *et al.* (2011) publicaron resultados sobre infecciones padecidas por especímenes inoculados con virus o protozoarios encontrando gran susceptibilidad a éstos. Albertoni *et al.* (2002) analizaron la distribución de juveniles y adultos en varias lagunas tropicales de Brasil, encontrando más hembras cerca del mar que lejos, en tanto que en los machos sucede lo opuesto. Díaz *et al.* (2002) analizaron el comportamiento o respuesta de especímenes ante el estrés térmico cerca de sus límites de tolerancia, observando que la temperatura crítica termal mínima y máxima fue 11,0, 12,1, 13,0 y 14,8°C, y 34,2, 35,0, 36,1 y 39,8°C, respectivamente. Signoret & Brailovsky (2004) estudiaron la capacidad adaptativa osmótica. Salazar *et al.* (2005) elaboraron un estudio para identificar la posible hibridación con *M. rosenbergii* encontrando resultados similares a su trabajo análogo con *M. carcinus*. Müller *et al.* (2007) analizaron la morfología del desarrollo embrionario. Rocha-Ramírez *et al.* (2007) estudiaron el uso de raíces de lirio acuático *Erichornia* sp. como hábitat, encontrando que es



Figura 6. Macho adulto de *Macrobrachium acanthurus* (Foto de Luís Rólier Lara).

compartido con numerosos taxa de invertebrados, sobre todo crustáceos isópodos. Cunha & Oshiro (2010) analizaron el efecto de la ablación del pedúnculo ocular en la reproducción, encontrando que en los animales ablacionados los niveles de ecdysteroides incrementan rápidamente mientras que disminuyen en la intermuda. Recientemente, Tamburus *et al.* (2012) estudiaron aspectos poblacionales de la reproducción y en la costa noreste de Brasil.

Macrobrachium crenulatum (Fig. 7)

La mayoría de los estudios sobre esta especie parecen estar asociados a lo que ocurre con otras, que serían las especies objetivo de tales estudios. Tampoco para esta especie existen o no están disponibles registros pesqueros o de dinámica poblacional. Hart (1961) y Hunte (1978), la incluyeron en un estudio sobre distribución de decápodos de agua dulce en Jamaica. Rodd & Reznick (1991) analizaron el papel de la especie como depredador de peces guppy (*Lebistes reticulatus*), sugiriendo que los pequeños peces no son seleccionados como presas por su tamaño. Sin embargo, la evidencia disponible sugiere que la presión de depredación por parte de este langostino junto con la selección sexual, es responsable de los patrones de colores inusuales de guppies macho. Covich *et al.* (1996) estudiaron el efecto de los disturbios causados por huracán en su distribución tomando un río como corredor natural. Afirman que antes de los disturbios las densidades se asociaron negativamente con el coeficiente de variación del ancho del río, profundidad y elevación. Pero, posteriormente y en períodos de sequía, las densidades se asociaron con la elevación. Los mecanismos que probablemente causan estos patrones de distribución se deberían a estrategias para evitar los depredadores, a la preferencia activa por determinadas presas y a la presencia de recursos alimentarios como los detritos.



Figura 7. Macho adulto de *Macrobrachium crenulatum* (Foto de Luís Rólier Lara).

Zuk & Kolluru (1998) revisaron también el papel de este camarón como depredador de pequeños invertebrados y peces en ríos. March *et al.* (1998) realizaron estudios sobre el carácter y atributos migratorios de las larvas en un estudio que destaca el carácter anfídromo de estas larvas, que son liberadas por las hembras en las corrientes de agua dulce para después derivar pasivamente hacia algún hábitat estuarino, donde tiene lugar el desarrollo larvario y una vez transformadas en postlarvas efectuar la migración río arriba. Durante 1999 fue incluido en estudios de distribución y listados de la fauna de macroinvertebrados en Santa Lucía por Thorpe & Lloyd (1999). Fievêt *et al.* (2001) consideran esta especie en un estudio sobre la distribución de peces e invertebrados migratorios a lo largo de gradientes en ríos tropicales. March & Pringle (2003) incluyeron esta especie en un estudio sobre la estructura de la red trófica en Puerto Rico. Su estudio indica que en los ríos de las islas tropicales, son los depredadores dominantes y suelen ser omnívoros que consumen algas, restos de hojas, insectos y otros crustáceos. Monti & Legendre (2009) incluyeron esta especie en un estudio que analizó los factores que detonan o permiten la reorganización de comunidades acuáticas tras algún disturbio inesperado. Sus resultados muestran que en los ríos con alta energía de flujo, las especies en su mayoría coexisten en un mismo medio mientras que en los ríos con flujo de baja energía, prevalecen las interacciones bióticas. Estas diferencias pueden estar relacionadas con los regímenes de perturbaciones naturales pues los disturbios son factores que afectan las relaciones globales de especies y comunidades. Hein *et al.* (2011) incluyeron esta especie en un estudio sobre los efectos de factores antropogénicos y naturales en la estructura de comunidades de peces y langostinos migratorios. De su estudio, se desprende que en zonas de libre paso, la

ubicación de las barreras naturales y el tamaño de los ríos suelen ser las variables más importantes para predecir su distribución. A consecuencia de esto, los depredadores de langostinos en los ríos se distribuyen en las zonas bajas, en tanto los langostinos adultos tienden a desplazarse hacia zonas más altas. Los obstáculos impuestos por el hombre alteran o limitan esta relación

Macrobrachium brasiliense (no ilustrado)

Magalhães (1971) analizó el desarrollo larval de esta especie destacando el carácter abreviado de su desarrollo. También el desarrollo larvario y algunos atributos ecológicos de la distribución de sus larvas, fueron estudiados por Magalhães & Walker (1988). Magalhães (2000) estudió la abundancia y diversidad de decápodos, incluyendo esta especie en aguas del río Matto Grosso, Brasil. La caracterización de su hábitat fue analizada por Vásquez *et al.* (2000), quienes señalan que estos langostinos utilizan como refugio las oquedades de las márgenes de los ríos, que se forman entre raíces, piedras, hojarasca y otros objetos sumergidos en el agua. La fauna acompañante estuvo dominada por peces, cangrejos, larvas de odonatos y serpientes, además de numerosos insectos en fases larvarias o adultas. Los depredadores de esta especie fueron el pez *Hoplias malabaricus* y el ser humano. García-Davila *et al.* (2000) presentan un análisis de su biología reproductiva. Mantelatto & Barbosa (2005) estudiaron la estructura de sus poblaciones en las cercanías del estado de São Paulo, Brasil. Su estructura poblacional fue estudiada por Graça & Mungia (2009), quienes determinaron que la mayor actividad reproductiva de esta especie ocurre, probablemente, en primavera e inicios de verano, sin diferencias significativas en la proporción sexual. Finalmente, la morfología detallada de la zoea I fue descrita recientemente por Farinelli-Pantaleão *et al.* (2011).

DISCUSIÓN

Los langostinos del género *Macrobrachium*, en términos globales, no están suficientemente estudiados (Bowles *et al.*, 2000). Para el caso de estudios realizados en Latinoamérica, existe mucha variabilidad en lo que se refiere al propósito de los estudios, ya sea por especie o por género y por el área de interés en que estos han sido efectuados (Fig. 8). La mayoría de los trabajos publicados en Latinoamérica tienen como objetivo el estudio de los langostinos con relación a su abundancia, diversidad y distribución y esfuerzos centrados en una sola región, una sola temporada, una sola población, analizan un solo tópico

o fenómeno o bien se refieren al efecto en sus poblaciones de alguna catástrofe (huracanes o contaminación). Hay, incluso, trabajos como el de Bowles *et al.* (2000) que si bien no han sido realizados en Latinoamérica o con material que proviene de la región, sirven de referencia al incluir especies con distribución en Latinoamérica. Sin embargo, no existe o no se encontró, para ninguna de las especies consideradas en este estudio, trabajos que hayan sido realizados a largo plazo, esto es, dando seguimiento a una población al menos durante cinco años o bien en todo el intervalo de su distribución. Los tratados que existen en este ámbito son generalizados sobre algún taxon elevado (*e.g.*, invertebrados, insectos, decápodos) y, por lo tanto, sin datos específicos sobre el rol de este género en el sistema que analizan (*e.g.*, Covich *et al.*, 1999; Lara & Wehrmann, 2012). Es pertinente mencionar que, entre los invertebrados acuáticos, el único taxon que se considera bien estudiado en lo relativo a sus ciclos de vida y dinámica poblacional en el agua son los insectos, en particular aquellos que tienen relación con la agricultura dado que se convierten en plagas en una parte de su ciclo de vida o bien están implicados en algún aspecto de la salud humana (Jackson & Füreder, 2006).

Sin embargo, se destaca que la mayoría de los estudios no económicos y pesqueros sobre este grupo son relativamente recientes. La taxonomía, ya sea tradicional o molecular, es quizá la disciplina que aporta una información más completa para el género, pues son numerosos los estudios que analizan estos aspectos. En los estudios particulares sobre el género o sus especies, puede observarse que el énfasis se ha puesto en aquellas especies que alcanzan tamaños mayores (aquí incluidas) y que, por lo tanto, son las mismas que tienen un problemática relacionada con la pesca y la economía. Se involucran aquí, como consecuencia de su tamaño, factores sociales y culturales en los sitios donde son extraídos (Silva-Montenegro *et al.*, 2001).

Cabe destacar que si bien las investigaciones enfocadas al conocimiento de las especies de *Macrobrachium* consideradas en este estudio, ya sea con fines de cultivo o conservación presentan un enfoque multidisciplinario, esta información es insuficiente aun considerando que *M. amazonicum* ha sido relativamente bien estudiado. Sin embargo, los intentos de cultivo realizados con esta especie o cualquier otra nativa de Latinoamérica, no son suficientemente sólidos para tomarse como base para promover el cultivo redituable o para programas de conservación basados en la producción de juveniles para repoblamiento en zonas donde éstos han

disminuido. Lo anterior debido a que no se conocen estudios concluyentes sobre la producción de juveniles a partir de larvas cultivadas, tecnología que sí está disponible para *M. rosenbergii* o para algunas especies de la familia Penaeidae. Esto pone a las poblaciones silvestres de las especies incluidas en este estudio, como la principal fuente de explotación ya sea a través de la pesca de adultos o de la colecta de juveniles del medio para engorda en cautiverio. Mientras que en algunos países como Brasil existen muchos estudios para sus especies de *Macrobrachium* con potencial pesquero, en Centro América o el Caribe no se conocen publicaciones científicas o tratados sobre la biología o ecología de las especies locales del género que están sujetas a explotación, deterioro del hábitat o algún otro agente destructivo.

Sin embargo, existen algunos adelantos que proponen e integran métodos y técnicas para cultivar estos langostinos (Vega-Villasante *et al.*, 2011a, 2011b) en países como Brasil, Costa Rica o México. Estos conocimientos han sido generados a partir de especímenes mantenidos en cautiverio como *M. amazonicum*, *M. tenellum*, *M. americanum* y *M. carcinus*. Se ha evaluado su desempeño, al ser mantenidos en tinas o estanques bajo diferentes estrategias de manejo, y describen principalmente aspectos de engorda, nutrición, conducta, fisiología de la respiración, reproducción, fecundidad, osmoregulación o tolerancia y resistencia a cambios en las variables físicas y químicas del agua.

Asimismo, al no existir estudios poblacionales a largo plazo y en una región determinada, no hay elementos suficientes para regular su explotación o proponer medidas de conservación en forma certera.

Sin embargo, es posible determinar, para este género, a partir de los trabajos existentes sobre su ecología o dinámica poblacional, las variables que les afectan o causan su disminución o desaparición. Sin llegar a ser una sentencia, se considera que las fuertes diferencias económicas, culturales y sociales de cada país, inciden en la atención que se preste a explotar, preservar o estudiar las poblaciones distribuidas en cada lugar, así como los tipos de estudios, y la frecuencia con que se realizan. Desde luego, ello tendría efecto en la intensidad y forma de explotación que se efectuó así como el manejo que, con fines de conservación, pueda hacerse. Aunque no es una constante, se puede asumir que las regiones más pobres, así como las más contaminadas tienden a favorecer un severo deterioro del recurso, haciendo más difícil sentar medidas para la conservación de sus poblaciones. Por lo tanto, las políticas, reglamentos, economía y costumbres de cada región o país, así

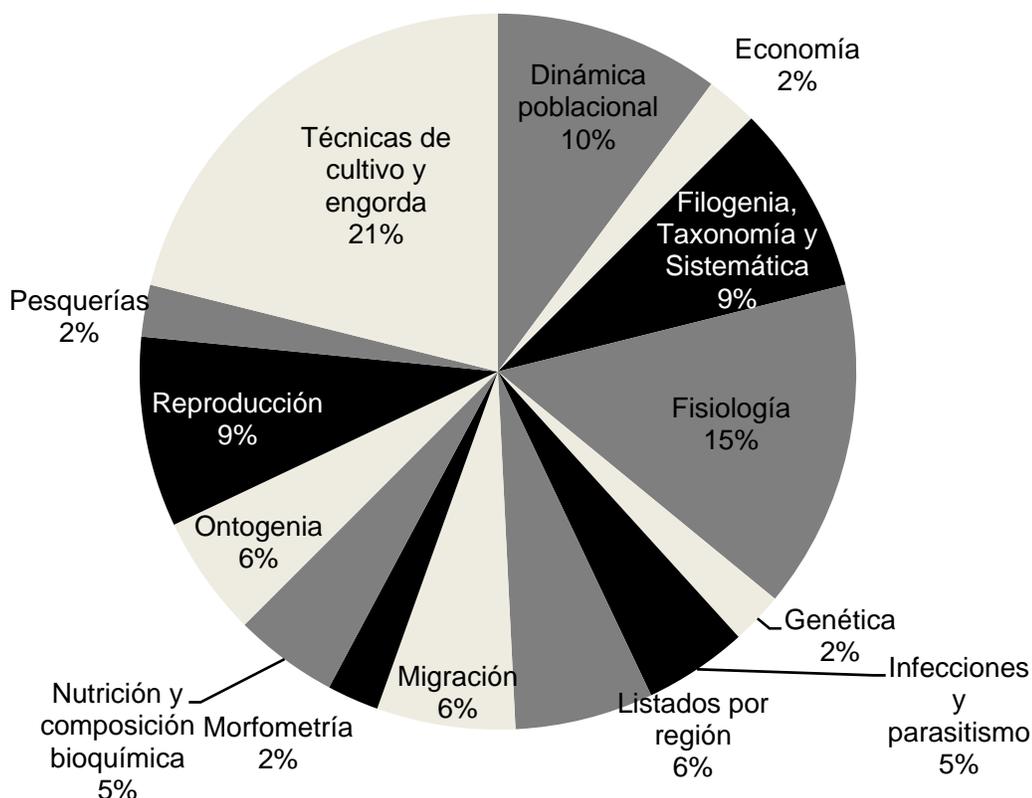


Figura 8. Porcentaje de estudios publicados en revistas indexadas sobre las diferentes áreas del conocimiento de las especies de los *Macrobrachium* consideradas en el presente estudio.

como el grado de deterioro del hábitat o de las poblaciones en cada caso, causarían fuertes diferencias en el estado del recurso o en las medidas a tomar para su preservación.

En América Latina no están disponibles datos concluyentes de las pesquerías de langostinos nativos porque los reportes al respecto son inciertos y las producciones son bajas, menos de 100 ton anuales por país a excepción de Brasil y República Dominicana (New, 2009). Esta falta de información es debida a que la pesca de este grupo es mayoritariamente artesanal e informal, en la mayoría de los casos no organizada ni sujeta a supervisión por parte de las autoridades competentes. Con frecuencia es pesca de subsistencia y en la mayoría de los países no se tienen registros confiables de las capturas. Los reportes sobre la pesca no se realizan, son incompletos o bien la misma especie se reconoce bajo diferente nombre o categoría dependiendo de la localidad. Las pesquerías artesanales o de subsistencia constituyen el 25% de la producción pesquera total mundial y proveen más de la mitad de los organismos acuáticos para consumo humano (Mathew, 2001). Sin embargo, no están

sujetas a registros o seguimiento por lo que frecuentemente no son considerados al establecer planes de manejo por falta de datos confiables o continuos de estas capturas. Al no haber información clara o suficiente, solo pueden hacerse supuestos basados en lo que ocurre con otras pesquerías (Orensanz *et al.*, 1998; Pauly *et al.*, 2002; Jacquet & Pauly, 2007). Es natural, pensar que cualquier población explotada en forma constante y sin que se tomen medidas de conservación, acabará por colapsar (Pauly *et al.*, 2002).

En el caso de México, las poblaciones de langostinos del género *Macrobrachium* parecen estar desapareciendo y, dadas las similitudes en el contexto social y cultural con el resto de los países latinoamericanos, es posible que esta realidad se extienda a lo largo del continente. Lo anterior es sugerido por el hecho que, si bien no hay estudios concluyentes, una constante al visitar las comunidades ribereñas próximas a la costa mexicana es la afirmación, por parte de los habitantes de estas regiones, que durante generaciones han estado en contacto con el recurso, que cada vez es más escasa la

pesca y menos probable encontrar especímenes en sitios donde hasta hace diez años eran comunes. Bowles *et al.* (2000) afirman que las especies de este género en aguas del río Mississippi (USA) que están fuertemente sujetas a pesca y expuestas a la contaminación, disminuyeron drásticamente durante el siglo XX hasta casi desaparecer, mientras que las poblaciones de estas mismas especies en zonas sin o con escasa explotación, permanecieron relativamente estables. El mismo autor reporta la extinción de *M. carcinus* de los ríos de Texas (USA), después de más de un siglo de ser objeto de pesquerías.

Sumado a la sobrepesca o a la baja abundancia, el daño causado por desechos urbanos e industriales arrojados a los ríos que conducen sus aguas a las lagunas costeras, o bien la extracción del agua o la alteración de su calidad, suelen tener un efecto negativo en las poblaciones de todos los invertebrados acuáticos (Covich *et al.*, 1999). Una causa adicional es la construcción de diques o presas (Bowles *et al.*, 2000; Ayoola *et al.*, 2009). Dado el carácter anfidromo de sus poblaciones, estas estructuras construidas a su paso por las cuencas hidrológicas y las vertientes de los ríos, imposibilitan la migración de juveniles y adultos río arriba y de larvas río abajo, lo que les impide completar su ciclo biológico o alcanzar su rango normal de distribución (Ayoola *et al.*, 2009; Bauer, 2011b; Hein *et al.*, 2011). Este proceso con frecuencia implica recorrer grandes distancias, a veces de hasta cientos de kilómetros (Covich *et al.*, 1999; Bowles *et al.*, 2000). La consecuencia de estos bloqueos antropogénicos se manifiesta con la ausencia de especies en las zonas altas y el aislamiento de comunidades que debieran estar conectadas (Hein *et al.*, 2011). Aún sin estudios concluyentes que lo demuestre, se sugiere que este es uno de los principales problemas y retos para el sostenimiento natural y conservación de estas poblaciones. En el caso particular de larvas y juveniles, la permanencia en las cercanías de lagunas costeras los hace altamente vulnerables a ser capturadas, arrastradas por corrientes, a la contaminación y la pérdida o alteración de los ríos (Bowles *et al.*, 2000). Por otro lado, hay otros posibles problemas que pueden afectar a estas poblaciones, juveniles y adultos, de los que se desconoce si hay ya consecuencias para el género, como es la propagación de algunas enfermedades virales que atacan a las especies de *Penaeus* y la presencia de híbridos o especies exóticas. Existen registros de estos fenómenos en otras regiones del mundo donde se ha demostrado que pueden afectar negativamente a las especies de *Macrobrachium* (Jayaprakash *et al.*, 2007; Keysami *et al.*, 2007). Tal es el caso de especímenes del acocil australiano

Cherax quadricarinatus que, habiendo sido liberados al medio, han desplazado a las poblaciones naturales al ser más competitivos (Ahyong & Yeo, 2007).

A pesar de toda esta problemática, actualmente no hay evidencias o registros conocidos de zonas donde se estén estudiando las poblaciones de algún *Macrobrachium* latinoamericano con fines de restauración o bien, evidencias de que se hayan tomado medidas de conservación al respecto. Sin embargo se considera que, antes de actuar en cada caso, es preciso conocer el estado de las poblaciones y la problemática particular en el lugar en cuestión. En los sitios donde se intenta la engorda, a partir de juveniles capturados en el medio ambiente, es posible también que se tenga una disminución de las poblaciones silvestres causadas por la colecta de semilla para este propósito, si bien no están disponibles datos concluyentes sobre esto para ninguna región. Aun así, el conocimiento que hoy se tiene del género permitiría sugerir medidas básicas basadas en la no explotación de poblaciones en peligro de desaparecer o en la regulación de la explotación, sobre todo en épocas reproductivas, así como la no extracción de hembras ovígeras, larvas y juveniles. Tomar medidas para asegurar y conservar las rutas migratorias desde y hacia las vertientes de los ríos se aprecia como estrategia fundamental. Las características biológicas del recurso y su potencial biótico lo hacen sumamente vulnerable al quehacer humano, por lo que es necesaria una evaluación cuantitativa, para proponer medidas de conservación y la creación de técnicas de cultivo, sobre todo de larvas, tanto para la producción comercial como para la posible repoblación a futuro de estos organismos, en áreas donde se espera que se distribuyan de manera natural.

Por otro lado, las posibilidades con éxito de su manejo en cautiverio se sustentan en los numerosos estudios previos (*e.g.*, Albertoni, 2003a, 2003b; New, 2002, 2005; García-Guerrero & Apun, 2008; Vega-Villasante *et al.*, 2011a, 2011b). En función de estos estudios, se sabe que los juveniles y adultos son preferentemente carnívoros y carroñeros, pero aceptan todo tipo de alimento con cierto contenido de proteína animal, por lo tanto en cautiverio se les puede fácilmente alimentar con peletizados comerciales. Sin embargo, las larvas necesitan alimento vivo y calidad de agua de características específicas y difíciles de controlar. Esto es necesario resolver dado que una de las alternativas para prevenir la desaparición de estas poblaciones es mediante la generación de técnicas de cultivo larval, que produzcan juveniles tanto para engorda como para repoblación en áreas naturales. Del primer caso, al menos, un ejemplo documentado es el langostino malayo *M. rosenbergii*, en el cual las

técnicas de cultivo producidas a partir de la década de los 60's, han permitido una industria que no depende de la extracción de adultos o larvas del medio ambiente (New, 2009). Este esquema, dado el carácter tropical de los langostinos, sería solo recomendable en áreas cálidas del planeta donde no se tengan que asumir costos de calefacción o invernaderos térmicos para que la producción pueda efectuarse durante todo el año, o en parte de este, a bajos costos operativos. Programas regionales de repoblación con juveniles nativos de cada zona también pueden ser ejecutados donde existan evidencias de que las poblaciones naturales han disminuido drásticamente. Es de esperar, que las investigaciones sobre el estado de las poblaciones de cada una de estas especies en su hábitat, puedan conducir a conocer los aspectos importantes para su conservación y a partir de ello, ofrecer información útil para el establecimiento e implementación de vedas y cuotas de pesca en la zona a controlar.

En términos generales, se puede tomar como referencia la revisión sobre *M. tenellum*, realizada por Espinosa-Chaurand *et al.* (2011), donde se menciona gran parte de las lagunas de información que existen en el conocimiento de este grupo. Estos vacíos son compartidos por la mayoría, sino todas, las especies del género *Macrobrachium*, por lo menos en Latinoamérica, y en resumen son: i) falta de un registro actualizado y permanente de sus poblaciones en ríos y lagunas costeras; ii) nula o escasas estadísticas sobre su pesquería; iii) desconocimiento sobre los efectos que en sus poblaciones puede tener la contaminación de los cursos de agua con insecticidas y herbicidas agrícolas, metales pesados, detergentes y otros compuestos derivados de la actividad doméstica, agropecuaria e industrial; iv) escasa o nula información sobre el impacto de la reducción o pérdida de los caudales de ríos y arroyos usados por estos organismos para completar su ciclo vital; v) insuficientes intentos por establecer técnicas de manejo y cultivo; vi) desconocimiento sobre el impacto de la afectación de estuarios y manglares que son usados como hábitats temporales o estables; vii) escasa investigación sobre el efecto de la liberación accidental o deliberada de especies exóticas de crustáceos (*e.g.*, la langosta australiana *Cherax quadricarinatus*), que pueden competir por nichos ecológicos con las especies de *Macrobrachium* nativas, desplazarlas o depredarlas.

Dado que las poblaciones de estas especies pueden experimentar cambios drásticos en un intervalo relativamente corto, es necesario que los estudios sean a largo plazo, que es la forma más efectiva en que se pueden utilizar como bases para la conservación

(Jackson & Füreder, 2006). La gama de estudios que se puede realizar sobre las especies de *Macrobrachium* de Latinoamérica con potencial pesquero, tanto en laboratorio como en el campo es muy diversa. Se necesita estudios de sus requerimientos para crecer en cautiverio, de la producción de larvas, de las condiciones ideales de mantenimiento y las dietas adecuadas que garanticen un crecimiento rápido así como un manejo genético que permita seleccionar variedades más resistentes, dóciles y de crecimiento rápido. La hibridación con otras especies de *Macrobrachium* y el estudio de su estructura social (*e.g.*, el papel de machos dominantes) y estudios de conducta son otros campos abiertos al quehacer científico. Los estudios urgentes a realizar suelen estar relacionados con el mejor conocimiento del estado que guardan sus poblaciones silvestres con fines de conservación, y con la producción en cautiverio tanto con fines productivos como de conservación.

Los estudios que tengan como propósito detectar el potencial de estas especies para ser cultivadas, debieran considerar las premisas propuestas por New (2009), quien destaca las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas: se puede producir lejos de la costa. Las hembras producen un alto número de huevos y tanto la cópula como el desarrollo embrionario se pueden conseguir fácilmente sin técnicas sofisticadas. Se puede engordar a pequeña y a mediana escala, en forma artesanal y con instalaciones sencillas, lo que lo hace ideal para zonas empobrecidas. Son buenos candidatos para policultivo, ante todo con peces. Están bien cotizados en el mercado.

Desventajas: dada la naturaleza agresiva de algunas especies, estas no pueden ser cultivadas en forma intensiva, al menos de acuerdo con las actuales tecnologías. Tienen larvas pequeñas, que no son fáciles de alimentar y llevar a juvenil, con desarrollo larvario largo y con muchos subestadios. El producto cosechado requiere gran cuidado y rápida salida para mantenerse fresco. Un obstáculo al cultivo se tiene en regiones donde el producto que proviene de la pesca es más barato y fácil de obtener.

CONCLUSIONES

El conocimiento sobre el género *Macrobrachium* en Latinoamérica es escaso sobre todo en lo que se refiere al estado de sus poblaciones en el medio ambiente, información necesaria para calcular los números reales que pueden ser explotados sin terminar con las poblaciones. Tampoco se tiene suficiente conocimiento sobre el verdadero potencial que las

especies de este género, nativas de Latinoamérica, tienen para ser cultivadas. El principal problema que detiene el desarrollo de la acuicultura de estas especies a una escala comercial, es la dificultad de la crianza de larvas ya que las fases larvarias suelen ser zooplanctófagas y, por su tamaño y necesidad de alimento vivo, son difíciles de mantener en cautiverio. Son muchos los factores necesarios a ser estudiados, tanto respecto a la abundancia, distribución y riqueza específica, como a las necesidades que tienen para crecer y reproducirse en cautiverio. Además de la investigación en torno a cultivos, se requiere continuidad de los estudios sobre estos temas, tanto para conservar las poblaciones de langostinos como para contribuir a la conservación de los ecosistemas donde habitan. Para ello, es precisa la acción conjunta de grupos de investigación que realicen estudios científicos de las comunidades asentadas en las riberas y zonas donde se distribuyen estos grupos. La participación y aceptación de los locales así como el entendimiento de su parte de la importancia del cuidado de este recurso vivo y del medio que lo sustenta, son piezas clave para el sostén de la salud de estos sistemas.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se concibió a raíz de la presentación oral de este tema en el evento denominado "Congreso Latinoamericano de Invertebrados de Agua Dulce" efectuado en San José, Costa Rica. Se agradece a los Dres. Ingo Wehrtmann y Raymond Bauer el apoyo otorgado durante el proceso de edición. Se agradece también las oportunas observaciones para mejorar el manuscrito vertidas por parte del Dr. Héctor Nolasco Soria (CIBNor) y por un árbitro anónimo. M. García Guerrero agradece a los programas del Instituto Politécnico Nacional (EDI y SIBE / COFAA) así como al SNI/CONACyT por los apoyos económicos otorgados.

REFERENCIAS

- Abele, L.G. & N. Blum. 1977. Ecological aspects of the freshwater decapod crustaceans of the Perlas Archipelago, Panamá. *Biotropica*, 9(4): 239-252.
- Abele, L.G. & W. Kim. 1989. The decapod crustaceans of the Panama Canal. *Smithson. Contr. Zool.*, 482: 1-50.
- Aguilar-Juárez, M. 1995. Efecto de la salinidad sobre el metabolismo respiratorio, excreción nitrogenada y osmoregulación en *Macrobrachium tenellum* de Mulegé, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría en Ciencias y Ecología Marina, Departamento de Acuicultura, CICESE, México, 46 pp.
- Aguilar, M., F. Díaz & F.L. Bückle. 1998. The effect of salinity on oxygen consumption and osmoregulation of *Macrobrachium tenellum*. *Mar. Fresh. Behav. Physiol.*, 31: 105-113.
- Ahyong, S. & D. Yeo. 2007. Feral populations of the Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in water supply catchments of Singapore. *Biol. Invas.*, 9: 943-946.
- Albertoni, E., C. Palma & F. Esteves. 2002. Distribution and growth in adults of *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann (Decapoda, Palaemonidae) in a tropical coastal lagoon, Brazil. *Rev. Bras. Zool.*, 19(2): 61-70.
- Albertoni, E., C. Palma & F. Esteves. 2003a. Natural diet of three species of shrimp in a tropical coastal lagoon. *Braz. Arch. Biol. Tech.*, 46: 395-403.
- Albertoni, E., C. Palma & F. Esteves. 2003b. Overlap of dietary niche and selectivity of three shrimp species (Crustacea, Decapoda) in a tropical coastal lagoon (Rio de Janeiro, Brazil). *Rev. Bra. Zool.*, 20(1): 395-403.
- Almeida, A., P. Coelho, J. Luz, J. dos Santos & N. Ferraz. 2008. Decapod crustaceans in fresh waters of southeastern Bahia, Brazil. *Rev. Biol. Trop.*, 56(3): 1225-1254.
- Almeida-Marques, H., J. Lombardi, M. Mallasen, H. Pereira & M. Villar. 2010. Stocking densities in cage rearing of Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) during nursery phases. *Aquaculture*, 307: 201-205.
- Anger, K. & L. Hayd. 2009. From lecithotrophy to planktotrophy: ontogeny of larval feeding in the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquat. Biol.*, 7(2): 19-30.
- Anger, K. & L. Hayd. 2010. Feeding and growth in early larval shrimp *Macrobrachium amazonicum* from the Pantanal, southwestern Brazil. *Aquat. Biol.*, 9(3): 251-261.
- Anger, K. & G. Moreria. 1998. Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps. *J. Crust. Biol.*, 18(4): 823-838.
- Anger, K., G. Moreira & D. Ismael. 2002. Comparative size, biomass, elemental composition (C, N, H), and energy concentration of caridean shrimp eggs. *Invertebr. Reprod. Develop.*, 42: 83-93.
- Anger, K., L. Hayd, J. Knott & U. Nettelmann. 2009. Patterns of larval growth and chemical composition in the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture*, 287(3-4): 341-348.
- Arana, F. & A. Ortega. 2004. Rearing of the cauque prawn under laboratory conditions. *N. Am. J. Aquacult.*, 66(2): 158-161.

- Araujo, M. & W. Valenti. 2007. Feeding habit of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae. *Aquaculture*, 265: 187-193.
- Araujo, M. & W. Valenti. 2011. The effects of light intensities on larval development of Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Bol. Inst. Pesca*, 37(2): 155-164.
- Arroyo-Rentería, G. & L. Magaña-Ríos. 2001. Contribución al conocimiento de las especies de *Macrobrachium* y *Atya* con especial referencia a los langostinos en el cauce del río Baluarte (1991). Tesis de Licenciatura en Biología Pesquera, Universidad Anáhuac México Sur, Ciudad de México, 58 pp.
- Arruda, L., D. Lemos & W. Valenti. 2010. Ontogenetic variation in ammonia excretion during the early life stages of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *J. World Aquacult. Soc.*, 41(1): 107-115.
- Arzola-González, J.F. & L.M. Flores-Campaña. 2008. Alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del estero El Verde Camacho, Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*, 24(1): 41-48.
- Augusto, A., J. Greene, H. Laure & J. McNamara. 2007. The ontogeny of isosmotic intracellular regulation in the diadromous, freshwater palaemonid shrimps *Macrobrachium amazonicum* and *M. olfersi* (Decapoda). *J. Crust. Biol.*, 27(4): 626-634.
- Ayoola, S., A. Idowu & A. Lawal-Are. 2009. Monoculture of fresh water shrimps. *Europ. J. Sci. Res.*, 29(4): 471-480.
- Barba, E., J. Juárez & F. Estrada. 2010. Abundance and distribution of crustaceans in wetlands of Tabasco. *Rev. Mex. Biodivers.*, 81: 153-S163.
- Bauer, R. 2004. Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans. University of Oklahoma Press, Norman, 282 pp.
- Bauer, R. 2011a. Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. I. Costs, benefits evolutionary origins and an unusual case of amphidromy. In: A. Asakura (ed.). *New frontiers in crustacean biology. Proceedings of The Crustacean Society summer meeting, Tokyo, 20-24 September 2009*, Brill, Leiden, pp. 145-156.
- Bauer, R. 2011b. Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. II. Delivery of hatching larvae to the sea, return of juvenile upstream migration and human impacts. In: A. Asakura (ed.). *New frontiers in crustacean biology. Proceedings of The Crustacean Society summer meeting, Tokyo, 20-24 September 2009*, Brill, Leiden, pp. 157-168.
- Belli, N.M., R. Faleiros, K. Firmino, D. Masui, F. Leone, J. McNamara & R. Furriel. 2009. Na, K-ATPase activity and epithelial interfaces in gills of the freshwater shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol. A*, 152(3): 431-439.
- Bentes, B.S., J. Martinelli, L. Souza, D. Cavalcante, M. Almeida & V. Isaac. 2011. Spatial distribution of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará). *Braz. J. Biol.*, 71(4): 925-935.
- Bernardi, N. 1990. Temperature influence upon food ingestion and spontaneous locomotion of the freshwater prawn *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *J. Thermal Biol.*, 15(1): 33-36.
- Boschi, E.E. 1974. Biología de los crustáceos cultivables en América Latina. *Actas del Simposio sobre Acuicultura en América Latina. Documentos de Reseña*, Montevideo. FAO, Informe de Pesca, 159: 1-24 pp.
- Bowles, D.E., K. Aziz & C. Knight. 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and an assessment of threats to their survival. *J. Crust. Biol.*, 20(1): 158-171.
- Cabrera, P.J. 1983. Carácter práctico para diferenciación de sexos en *Macrobrachium tenellum* (Crustacea: Decapoda: Natatia). *Rev. Biol. Trop.*, 31(1): 159-160.
- Carvajal, Y., W. Orozco, J. Amaya, S. Matute, L. Marco & G. Poleo. 2009. Bioasimilación de oligoelementos en el camarón de río, *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *Bioagro*, 21(3): 217-222.
- Casariogo, A., R. List & G. Ceballos. 2008. Tamaño poblacional y alimentación de la nutria de río *Lontra longicaudis* en la costa de Oaxaca. *Acta Zool. Mex.*, 24(2): 179-199.
- Casas-Sánchez, R., Y. Vaillard-Nava & A. Araujo. 1995. Nutrición en juveniles del langostino *Macrobrachium carcinus* (Crustacea: Decapoda) con dietas de residuos vegetales y marinos. *Rev. Biol. Trop.*, 43(1-3): 251-256.
- Charmantier, G. & K. Anger. 2011. Ontogeny of osmoregulatory patterns in the South American shrimp *Macrobrachium amazonicum*: loss of hypo-regulation in a land-locked population indicates phylogenetic separation from estuarine ancestors. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 396(2): 89-98.
- Choudhury, P. 1971. Responses of larval *Macrobrachium carcinus* to variations in salinity and diet

- (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 20(2): 113-120.
- Chung, K.S. 2001. Adaptabilidad ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a cambios de salinidad. *Rev. Biol. Trop.*, 49(1): 9-13.
- Coler, R.A., T. Watanabe, B. Xavier & R. Paz. 1999. A preliminary report on the application of *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 (Decapoda: Palaemonidae) as a biomarker. *Hydrobiologia*, 412: 119-121.
- Collart, O. 1990. Interactions between the parasite *Probopyrus bithynis* (Isopoda, Bopyridae) and one of its hosts, the shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 58(3): 258-269.
- Collart, O. 1991. Reproductive strategy of *Macrobrachium amazonicum* in central Amazonia (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Crustaceana*, 61(3): 253-270.
- Collart, O. & L. Moreira. 1993. Fishery potential of *Macrobrachium amazonicum* in central Amazonia (Careiro Island): abundance and size variation. *Amazoniana*, 12(3-4): 399-413.
- Covich, A. & W. McDowell. 1996. The stream community. In: D.P. Reagan & R.B. Waide (eds.). *The food web of a tropical rain forest*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 433-459.
- Covich, A., T. Crowl & T. Heartsill-Scalley. 2006. Effects of drought and hurricane disturbances on headwater distributions of palaemonid river shrimp (*Macrobrachium* sp.) in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 25-1: 99-107.
- Covich, A., M. Palmer & T. Crowl. 1999. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49(2): 119-127.
- Covich, A., T. Crowl, S. Johnson & M. Pyron. 1996. Distribution and abundance of tropical freshwater shrimp along a stream corridor: response to disturbance. *Biotropica*, 28(4): 484-492.
- Cuevas-Félix, M.E. 1980. Tasas respiratorias del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith). Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., pp. 40-47.
- Cunha, C.H. & L. Oshiro. 2010. The influence of eyestalk ablation on the reproduction of the freshwater *Macrobrachium acanthurus* shrimp in captivity. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 32(3): 217-221.
- Cushing, J.M. 1989. A competition model for size-structured species. *SIAM. J. Appl. Math.*, 49: 838-358.
- Debrot, A. 2003. The freshwater shrimps of Curaçao, West Indies (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 76(1): 65-76.
- De Grave, S., Y. Cai & A. Anker. 2008. Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 287-293.
- Díaz, F., E. Sierra, A. Denisse & L. Rodríguez. 2002. Behavioural thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). *J. Thermal Biol.*, 27(5): 423-428.
- Dobkin, S. 1971. A contribution to knowledge of the larval development of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 21(3): 294-297.
- Domínguez-Machín, M., M. Hernández-Vergara, I. Jiménez-García, R. Simá-Álvarez & R. Rodríguez-Canul. 2011. Survey of protozoan, helminth and viral infections in shrimp *Litopenaeus setiferus* and prawn *Macrobrachium acanthurus* native to the Jamapa River region, Mexico. *Dis. Aquat. Organ.*, 96(2): 97-103.
- Espino-Barr, E., B.A. García, G.M. Puente, A.C. Zamorano, A.O. Ahumada & E. Cabral-Solís. 2006. Análisis preliminar de los aspectos biológicos del langostino mazacate *Macrobrachium tenellum*, en el estado de Colima. Presentación en cartel. In: B.E. Espino, A.M. Carrasco & G.M. Puente (eds.). *Memorias del III Foro Científico de Pesca Ribereña*. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Manzanillo, Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, Jalisco, pp. 93-94.
- Espinosa-Chaurand, L., M. Vargas-Ceballos, M. Guzmán-Arroyo, H. Nolasco-Soria, O. Carrillo-Farnés, O. Chong-Carrillo & F. Vega-Villasante. 2011. Biología y cultivo de *Macrobrachium tenellum*: estado del arte. *Hidrobiológica*, 21(2): 99-117.
- Faleiros, R.O., M. Goldman, R. Furriel & J. McNamara. 2010. Differential adjustment in gill Na⁺/K⁺- and V-ATPase activities and transporter mRNA expression during osmoregulatory acclimation in the cinnamon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae). *J. Exp. Biol.*, 213-22: 3894-3905.
- Farinelli-Pantaleão, J., R. Gregati, F. Gazzi & R. Caetano. 2011. Morphology of the first larval stage of *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1868) (Caridea: Palaemonidae). *Nauplius*, 19(1): 79-85.
- Fievêt, E., S. Doledec & P. Lim. 2001. Distribution of migratory fishes and shrimps along multivariate gradients in tropical island streams. *J. Fish Biol.*, 59: 390-402.
- Foster, C., E. Amado, M. Souza & C. Freire. 2010. Do osmoregulators have lower capacity of muscle water regulation than osmoconformers? A study on decapod crustaceans. *J. Exp. Zool.*, 313A: 80-94.
- Freire, C., E. Amado, L. Souza, M. Veiga, J. Vitule, M. Souza & V. Prodocimo. 2008. Muscle water control

- in crustaceans and fishes as a function of habitat, osmoregulatory capacity, and degree of euryhalinity. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 149(4): 435-446.
- Furuya, W.M., C. Hayashi, A. Da Silva, O. De Oliveira Santos, N. De Souza, M. Matsushita & J. Visentainer. 2006. Centesimal composition and fatty acids profile of freshwater prawn. *Rev. Bras. Zool.*, 35: 1577-1580.
- Gamba, A.L. 1982. *Macrobrachium*: its presence in estuaries of the northern Venezuelan coast (Decapoda, Palaemonidae). *Caribb. J. Sci.*, 18: 23-28.
- Gamba, A.L. 1997. Biología reproductiva de *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) y *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) en Venezuela (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Acta Cient. Venezolana*, 48(1): 19-26.
- Gamba, A.L. & G. Rodríguez. 1987. Migratory behavior of postlarval white, *Penaeus schmitti*, and river shrimps, *Macrobrachium olfersi* and *Macrobrachium acanthurus*, in their zone of overlap in a tropical lagoon. *Bull. Mar. Sci.*, 40(3): 454-463.
- Gasca-Leyva, J., C. Martínez-Palacios & L. Ross. 1991. The respiratory requirements of *Macrobrachium acanthurus* (Weigman) at different temperatures and salinities. *Aquaculture*, 93(2): 191-197.
- García-Davila, C., B. Alcántara & R. Vásquez. 2000. Biología reproductiva do camarao *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) em igarupis de terra firme da Amazonia peruana. *Acta Amazon.*, 30(4): 653-664.
- García-Guerrero, M. 2009. Proximate biochemical variations in eggs of the prawn *Macrobrachium americanum* (Bate, 1869) during its embryonic development. *Aquac. Res.*, 40(5): 575-581.
- García-Guerrero, M. 2010. Effect of temperature on consumption rate of main yolk components during the embryo development of the prawn *Macrobrachium americanum* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *J. World. Aquacult. Soc.*, 41(1): 84-92.
- García-Guerrero, M. & P. Apun-Molina. 2008. Density and shelter influence the adaptation to wild juvenile caque prawns *Macrobrachium americanum* to culture conditions. *N. Am. J. Aquacult.*, 70(3): 343-346.
- García-Guerrero, M. & M. Hendrickx. 2009. External description of the embryonic development of the prawn *Macrobrachium americanum* based on the staging method. *Crustaceana*, 82: 1413-1422.
- García-Guerrero, M., J. Orduña-Rojas & E. Cortes-Jacinto. 2011. Oxygen consumption of the prawn *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868) over the temperature range of its native environment and in relation to its weight. *N. Am. J. Aquacult.*, 73(3): 320-326.
- García-Ulloa, M., H. Rodríguez & T. Ogura. 2004. Calidad del huevecillo de dos especies de langostino (Palaemonidae) del género *Macrobrachium* (*M. rosenbergii* De Man, 1879, y *M. tenellum*, Smith, 1871) variando la dieta de los reproductores: índices morfométricos. *Av. Invest. Agro.*, 8(2): 811-815.
- Gargioni, R. & M. Barranaco. 1998. Hemocytes of the palaemonids *Macrobrachium rosenbergii* and *M. acanthurus*, and of the penaeid *Penaeus paulensis*. *J. Morphol.*, 236(3): 209-221.
- Gomez, M., A. López-Aceves, J. Ponce-Palafox, H. Rodríguez-González & J. Arredondo-Figueroa. 2008. Growth of fresh-water prawn *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) juveniles fed isoproteic diets substituting fish meal by soya bean meal. *Braz. Arch. Biol. Tech.*, 51(1): 57-65.
- Goodyear, R., V. Martínez & J.B. Del Rosario. 1976. Moluscos y crustáceos decápodos del Rio Chiriquí (1976). Universidad de Panamá. In: Biota de Panamá. 2008. <http://biota.wordpress.com/2008/04/25/los-peces-del-rio-chiriqui-y-afluentes-principales/>.
- Grabe, S.A. 2003. Seasonal periodicity of decapod larvae and population dynamics of selected taxa in New Hampshire (USA) coastal waters. *J. Plankton Res.*, 25(4): 417-428.
- Graça, M. & M. Mungia. 2009. Estrutura populacional de *Macrobrachium brasiliense* (Crustacea, Palaemonidae) do Córrego Escondido, Batayporã, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rev. Biol. Neotrop.*, 6(1):75-82.
- Graziani, C., C. Moreno, E. Villarroel, T. Orta, C. Lodeiros & M. De Donato. 2003. Hybridization between the freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) and *M. carcinus* (L.). *Aquaculture*, 217(1-4): 81-91.
- Gutiérrez, Y. 2010. Morfometría y reproducción de tres especies langostinos de la vertiente del Pacífico de Costa Rica: *Macrobrachium panamense*, *M. americanum* y *M. tenellum* (Decapoda: Palaemonidae). Tesis de Licenciatura en Biología con énfasis en Recursos Acuáticos. Universidad de Costa Rica, San José, 53 pp.
- Guzmán, A. 1975. Biología, ecología y pesca del chacal *Macrobrachium tenellum* en lagunas costeras del Estado de Guerrero. Informe Técnico I. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 25 pp.
- Guzmán, A. 1976. Biología, ecología y pesca del chacal *Macrobrachium tenellum* en lagunas costeras del Estado de Guerrero. Informe Técnico II. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 32 pp.

- Guzmán, A. 1977. Biología, ecología y pesca del chacal *Macrobrachium tenellum* en lagunas costeras del Estado de Guerrero. Informe Técnico III. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 30 pp.
- Guzmán, A., J. Cabrera & C. Kensler. 1977. Notes on *Macrobrachium* species in México. In: J.A. Hanson & H.L. Goodwin (eds.). Shrimp and prawn farming in the western Hemisphere. Dowden Hutchinson & Ross, Pennsylvania, 315-316.
- Hart, C. 1961. The freshwater shrimps (Atyidae and Palaemonidae) of Jamaica, with a discussion of their relation to the ancient geography of the Western Caribbean Area. Proc. Acad. Nat. Sci. Phil., 113: 61-80.
- Hagood, R. & S. Willis. 1976. Cost comparisons of rearing larvae of freshwater shrimp, *Macrobrachium acanthurus* and *M. rosenbergii* to juveniles. Aquaculture, 7(1): 59-74.
- Hein, C., A. Pike, J. Blanco, A. Covich, F. Scatena, C. Hawkins & T. Crowl. 2011. Effects of coupled natural and anthropogenic factors on the community structure of diadromous fish and shrimp species in tropical island streams. Freshwater Biol., 56(5): 1002-1015.
- Henry-Silva, G., A. Monteiro-Camargo, C. Pontes & L. Miyase. 2010. Limnological characteristics of the water column and effluents of Amazon river prawn ponds Rev. Bras. Zootec., 39(10): 2099-2107.
- Herman, F., E. Fièvet & P. Boucher. 1999. Rearing of native freshwater prawn, *Macrobrachium carcinus* (L.) (Palaemonidae) larvae: its prospects and interest in the French West-Indies. Bull. Franc. Pêche Piscicult., 72(352): 81-90.
- Hernández-Rodríguez, M. 1994. Tolerancia térmica del langostino *Macrobrachium tenellum* (Crustacea: Palaemonidae) de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Oceanología-Ecología Marina), Departamento de Acuicultura, CICESE. Baja California, 86 pp.
- Hernández, R.M., R.F. Bückle & H.F. Díaz. 1995. Preferred temperature of *Macrobrachium tenellum* (Crustacea, Palaemonidae). Rev. Italian. Aquacult., 30: 93-96.
- Hernández, R.M., R.F. Bückle & H.F. Díaz. 1996. Critical thermal maximum of *Macrobrachium tenellum*. J. Thermal Biol., 21(2): 139-143.
- Hernández, L., G. Murugan, G. Ruiz & A. Meada. 2007. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* (Decapoda Palaemonidae) from the Baja California Peninsula, Mexico. J. Crust. Biol., 27(2): 351-369.
- Hernández, L., A. Maeda-Martinez, G. Ruiz-Campos, G. Rodríguez, F. Alonzo & J. Saiz. 2008. Geographic expansion of the invasive red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Decapoda) in Mexico. Biol. Invas., 10: 977-984.
- Holthuis, L.B. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. Allan Hancock Found. Pub. Occas. Pap., 396 pp.
- Holthuis, L.B. 1954. On a collection of decapod Crustacea from the Republic of El Salvador (Central America). Zool. Meded., 23: 1-43.
- Holthuis, L.B. 1980. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop., 125(1): 1-271.
- Hunte, W. 1978. The distribution of freshwater shrimps (Atyidae and Palaemonidae) in Jamaica. Zool. J. Linnean Soc., 64(2): 135-150.
- Ismael, D. & G. Moreira. 1997. Effect of temperature and salinity on respiratory rate and development of early larval stages of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae). Comp. Biochem. Physiol. A, 118(3): 871-876.
- Jackson, J. & L. Füreder. 2006. Long-term studies of freshwater macroinvertebrates: a review of the frequency, duration and ecological significance. Freshwater Biol., 51: 591-603.
- Jacquet, J. & D. Pauly. 2007. The rise of seafood awareness campaigns in an era of collapsing fisheries. Mar. Policy, 31: 308-313.
- Jayachandran, K.V. 2001. Palaemonid prawns: biodiversity, taxonomy, biology and management. Editions Science Publishers, Enfield, 192 pp.
- Jayaprakash, N., V. Rejish Kumar, R. Philip & B. Bright-Singh. 2007. Vibrios associated with *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) larvae from three hatcheries on the Indian southwest coast. Aquac. Res., 37: 351-358.
- Kent, G. 1995. Aquaculture and food security. Proceedings of the PACON Conference on Sustainable Aquaculture June, Honolulu, Hawaii, USA. Honolulu: Pacific Congress on Marine Science and Technology, 95: 11-14.
- Keisamy, M., R. Saad, K. Sijam, H. Daoud & A. Alimon. 2007. Effect of *Bacillus subtilis* on growth, development and survival of larvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Aquacult. Nutr., 13: 131-136.
- Kimpara, J.M., F. Tito-Rosa, B. de Lima-Preto & W. Valenti. 2011. Limnology of *Macrobrachium amazonicum* grow-out ponds subject to high inflow of nutrient-rich water and different stocking and harvest management. Aquac. Res., 42(9): 1289-1297.
- Lara, L. & I.S. Wehrtmann. 2009. Reproductive biology of the freshwater shrimp *Macrobrachium carcinus*

- (L.) (Decapoda: Palaemonidae) from Costa Rica, Central America. *J. Crust. Biol.*, 29(3): 343-349.
- Lara, L. & I.S. Wehrtmann. 2012. Diversity, habitat and distribution of river shrimps in the largest basins of Costa Rica, Central America. In: A. Asakura (ed.). *New frontiers in crustacean biology: Proceedings of the TCS Summer Meeting, Tokyo, 20-24 September 2009*. Brill, Leiden, pp. 197-211.
- Lewis, J.B. & Y. Ward. 1965. Developmental stages of the palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). *Crustaceana*, 92: 127-148.
- Ling, S.W. 1962. Studies on the rearing of larvae and juveniles and culturing of adults of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Reprinted from IPFC, *Current Affairs, Bull.*, 35 pp.
- Ling, S.W. 1969a. Methods of rearing and culturing *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *FAO Fish. Rep.*, 57(3): 607-619.
- Ling, S.W. 1969b. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *FAO Fish. Rep.*, 57(3): 589-606.
- Lucena-Frédou, F., J. Rosa-Filho, M. Silva & E. Azevedo. 2010. Population dynamics of the river prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu Island (Amazon Estuary). *Crustaceana*, 83(3): 277-290.
- Luque, C. 2007. Estudio de la diversidad hidrobiológica en Tumbes, Perú. *Reporte Anual del Instituto del Mar del Perú- IMARPE, Tumbes*, 37 pp.
- Madrid, F. 2009. Relation between prey (shrimp, *Macrobrachium amazonicum*) and size of predator (peacock bass, *Cichla orinocensis*). *Bioagro*, 21(1): 69-74.
- Magalhães, C. 1971. Larval development of palaemonid shrimps from Amazon region. *Acta Amazon.*, 16: 95-108.
- Magaelhães, C. 1985. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da Região Amazonica. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda). *Amazoniana*, 2: 247-274.
- Magalhães, C. 2000. Diversity and abundance of decapod crustaceans in the Rio Negro basin, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. In: B. Chernoff, L.E. Alonso, J.R. Montambault & R. Lourival (eds.). *A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil*. Conservation International, Washington, DC. *Bull. Biol. Assess.*, 18: 56-62.
- Magalhães, C. & I. Walker. 1988. Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 55(3): 279-292.
- Mantelatto, F.L.M. & L.R. Barbosa. 2005. Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, 17(3): 245-255.
- March, J. & C. Pringle. 2003. Food web structure and basal resource utilization along a Tropical Island stream continuum, Puerto Rico. *Biotropica*, 35-1: 84-93.
- March, J., P. Benstead, M. Pringle & M. Scatena. 1998. Migratory drift of larval freshwater shrimps in two tropical streams, Puerto Rico. *Freshwater Biol.*, 40: 261-273.
- March, J., M. Pringle, J. Townsend & I. Wilson. 2002. Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. *Freshwater Biol.*, 47: 377-390.
- Marques, H., J. Lombardi, M. Mallasen, H. de Barros & M. Boock. 2010. Stocking densities in cage rearing of Amazon River prawn (*Macrobrachium amazonicum*) during nursery phases. *Aquaculture*, 307(3-4): 201-205.
- Mathew, S. 2001. Small-scale fisheries perspectives on an ecosystem-based approach to fisheries management. *Reykjavik Conference on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem, Reykjavik*, 15 pp.
- McDowall, R. 2007. On amphidromy, a distinct form of diadromy in aquatic organisms. *Fish Fish.*, 8: 1-13.
- McNamara, J.C., G. Moreira & P. Moreira. 1983. The effect of salinity on respiratory metabolism, survival and moulting in the first zoea of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Palaemonidae). *Hydrobiologia*, 101(3): 239-242.
- Mejía-Ortíz, L.M. & F. Alvarez. 2010. Seasonal patterns in the distribution of three species of freshwater shrimp, *Macrobrachium* sp. along an altitudinal river gradient. *Crustaceana*, 83(4): 385-397.
- Mejía-Ortíz, L., F. Alvarez, R. Román & J. Viccon-Pale. 2001. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan River, Veracruz, Mexico. *Crustaceana*, 74(1): 69-77.
- Mercado, P. 1959. Proyecto para una estación rústica dedicada al cultivo de los langostinos. *Bol. Piscic. Rural Sría. de Industria y Comercio. México*, 1959.(6-9.9): 5-6.
- Meusey, J., G. Martin, D. Soye, J. Van Deijnen & J. Gallo. 1987. Immunochemical and immunocytochemical studies of the crustacean vitellogenesis-inhibiting hormone (VIH). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 67(3): 333-341.
- Mistakidis, M.N. 1966. Records of *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus) and *Macrobrachium acanthurus*

- (Wiegmann), from Santa Catarina, Brazil. *Nature*, 211(5047): 434.
- Monaco, G. 1975. Laboratory rearing of larvae of the palaemonid shrimp *Macrobrachium americanum* (Bate). *Aquaculture*, 6(4): 369-375.
- Monti, D. & P. Legendre. 2009. Shifts between biotic and physical driving forces of species organization under natural disturbance regimes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 66: 1282-1293.
- Montoya, J. 2003. Freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* associated with roots of *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth) in the Orinoco Delta (Venezuela). *Caribb. J. Sci.*, 39(1): 155-159.
- Moraes-Valenti, P. & W. Valenti. 2007. Effect of intensification on grow out of the Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *J. World Aquacult. Soc.*, 38(4): 516-526.
- Moravec, F. & C. Santos. 2009. Larval *Pseudoproleptus* sp. (Nematoda: Cystidicolidae) found in the Amazon tiger prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in Brazil. *J. Parasitol.*, 95(3): 634-638.
- Moreira, G.S., J. McNamara & P. Moreira. 1982. The effect of salinity on the metabolic rates of some palaemonid shrimp larvae. *Aquaculture*, 29(1-2): 95-100.
- Moreira, G.S., J. McNamara, S. Shumway & P. Moreira. 1983. Osmoregulation and respiratory metabolism in Brazilian *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol. A*, 74(1): 57-62.
- Moreira, G.S., P. Ngan, P. Moreira & S. Shumway. 1988. The effect of salinity on the osmo-ionic regulation of *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus). *Comp. Biochem. Physiol. A*, 91(1): 105-108.
- Moreira, L.C. & O. Collart. 1993. Diel vertical migration of the prawn larvae of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) in a central Amazonian floodplain lake, Careiro Island, Brazil. *Amazoniana*, 12(3-4): 385-398.
- Moreno, C.A., C. Graziani & T. Orta. 2000. Reproducción natural y artificial del camarón de río *Macrobrachium carcinus* (L.) *Interciencia*, 25(5): 249-253.
- Mossolin, E.C., L.G. Pileggi & F.L. Mantelatto. 2010. Crustacea, Decapoda, Palaemonidae, *Macrobrachium* Bate, 1868, São Sebastião Island, state of São Paulo, southeastern Brazil. *Check List*, 6-4: 605-613.
- Müller, Y., C. Pacheco, M. Simões-Costa, D. Ammar & E. Nazari. 2007. Morphology and chronology of embryonic development in *Macrobrachium acanthurus* (Crustacea, Decapoda). *Invertebr. Reprod. Develop.*, 50(2): 67-74.
- Murphy, N. & C. Austin. 2005. Phylogenetic relationships of the globally distributed freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): biogeography, taxonomy, and the convergent evolution of abbreviated larval development. *Zool. Scr.*, 34(2): 187-197.
- Navarro-Hurtado, A. 2002. Ensayo de dos modelos de policultivo empleando bagre (*Ictalurus punctatus*) tilapia híbrida (*Oreochromis niloticus* vs *Oreochromis mossambicus*) y langostino (*Macrobrachium tenellum*), en estanques semi-rústicos caso Jocotepec, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias (Acuicultura), Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Colima, 56 pp.
- New, M.B. 1988. Freshwater prawns: status of global aquaculture, 1987. NACA Technical Manual No. 6. A world food day publication of the Network of Aquaculture Centers in Asia. Bangkok, 58 pp.
- New, M. 2002. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO, Fish. Tech. Pap., 428: 33 pp.
- New, M. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquac. Res.*, 36(3): 210-230.
- New, M. 2009. Chapter 1. History and global status of freshwater prawn farming. In: M.B. New, W.C. Valenti, J.H. Tidwell, L.R. D'Abramo & M.N. Kutty (eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, New York, pp. 1-11.
- Núñez, M. 2004. Colecta y análisis de muestras de los lagos Gatun y Miraflores, Panamá. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Panamá, Panamá, 49 pp.
- Ocaña-Luna, A., L.A. Martínez-Guzmán & M. Sánchez-Ramírez. 2009. Nuevo registro del parásito *Probopyrus pacificensis* (Isopoda: Bopyridae) en el sur de Nayarit y norte de Jalisco, México. *Rev. Mex. Biodivers.*, 80: 259-261.
- Odinetz-Collart, O. & H. Rabelo. 1996. Variation in egg size of the fresh-water prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). *J. Crust. Biol.*, 16(4): 684-688.
- Ogden, J., J. Kushlan & T. Tilmant. 1976. Prey selectivity by the wood stork. *Condor*, 78(3): 324-330.
- Orensanz, J., J. Armstrong & R. Hilborn. 1998. Crustacean resources are vulnerable to serial depletion: the multifaceted decline of crab and shrimp fisheries in the Greater Gulf of Alaska. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 8: 117-176.
- Palmer, M. 1997. Biodiversity and ecosystem processes in freshwater sediments. *Ambio*, 26: 571-577.

- Pauly, D., V. Christensen, S. Guénette, T. Pitcher, R. Sumaila, C. Walters, R. Watson & D. Zeller. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418(8): 689-695.
- Pileggi, L.G. & F.L. Mantelatto. 2010. Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. *Invertebr. Syst.*, 24(2): 194-208.
- Ponce-Palafox, J., C. Arana-Magallon, H. Cabanillas-Beltrán & H. Esparza. 2002. Bases biológicas y técnicas para el cultivo de los camarones de agua dulce nativos del Pacífico americano *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *M. americanum* (Bate, 1968). I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, pp. 534-546.
- Ponce-Palafox, J., M. García-Ulloa, L. Arredondo-Figueroa, D. Hernández-Ocampo, J. Díaz-Álvarez, G. Aldama-Rojas & H. Esparza-Leal. 2006. El cultivo del camarón de agua dulce *Macrobrachium tenellum* en estanques rústicos. *Comunicación Científica. IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*, pp. 655-660.
- Ponce-Palafox, J., R. González, O. Romero, I. Toussaint, J. Arredondo-Figueroa, H. Esparza-Leal & G.M. García-Ulloa. 2005. Enfermedades del camarón de agua dulce *Macrobrachium tenellum* y *M. rosenbergii* durante el cultivo comercial en estanques rústicos, en empresas rurales. *Rev. Elec. Vet. (REDVET)*, 6-12: 12.
- Preto, B., J. Kimpara, P. Moraes-Valenti & W. Valenti. 2010. Population structure of pondraised *Macrobrachium amazonicum* with different stocking and harvesting strategies. *Aquaculture*, 307(3-4): 206-211.
- Preto, B., J. Kimpara, P. Moraes-Valenti, F. Tito-Rosa & W. Valenti. 2011. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) in ponds. *Pan-Am. J. Aquacult. Sci.*, 6(1): 1-8.
- Proverbio, T., I. Zanders, R. Marin, J. Rodriguez & F. Proverbio. 1990. Effects of Na⁺ and/or K⁺ on the Mg²⁺-dependent ATPase activities in shrimp (*Macrobrachium amazonicum*) gill homogenates. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 97(2): 383-390.
- Queiroz, L., F. Abrunhosa & C. Maciel. 2011. Ontogenesis and functional morphology of the digestive system of the freshwater prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). *Zoologia*, 28(3): 395-402.
- Ribeiro, F., J. Fernandes & K. Sakomura. 2010. Stocking density to produce freshwater angelfish polycultured in ponds with Amazon River prawn. *Rev. Caatinga*, 23(4): 129-134.
- Ribeiro, K., I. Franceschini, L. Papa, M. New & W. Valenti. 2011. Effect of polyunsaturated fatty acids on the fecundity of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Aquac. Res.*, 10(1111): 1365-2109.
- Rocha-Ramírez, A., A. Ramírez-Rojas, R. Chávez-López & J. Alcocer. 2007. Invertebrate assemblages associated with root masses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach 1883 in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz. *Aquat. Ecol.*, 41(2): 319-333.
- Rodd, H. & D. Reznick. 1991. Life history evolution in guppies. III. The impact of prawn predation on guppy life histories. *Oikos*, 62: 113-119.
- Rodríguez de la Cruz, C. 1965. Contribución al conocimiento de los palemónidos de México, Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Contribución del Instituto Nacional de Inv. Biológico-Pesqueras al II Congreso Nacional de Oceanografía, pp. 7-11.
- Rodríguez de la Cruz, C. 1967. Contribución al conocimiento de los palemónidos de México. Palemónidos del Golfo de California con notas sobre la biología de *Macrobrachium americanum*, Bate. *An. Inst. Nac. Invest. Biol.*, 12(1): 143-148.
- Rodríguez-Flores, R. 2011. Efecto de la temperatura en el crecimiento y la sobrevivencia del langostino *Macrobrachium tenellum*. Tesis de Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, SEP, La Cruz de Huanacastle, Nayarit, 46 pp.
- Rodriguez, M. & L. Ramirez. 1997. Thermal preference area for *Macrobrachium tenellum* the context of global climatic change. *J. Thermal Biol.*, 22(4-5): 309-313.
- Rodríguez, M., L. Bückle-Ramirez & F. Diaz-Herrera. 1996. Critical thermal maximum of *Macrobrachium tenellum*. *J. Thermal Biol.*, 21(2): 139-143.
- Roegge, M., W. Rutledge & C. Guest. 1977. Chemical control of *Zoothamnium* sp. on larval *Macrobrachium acanthurus*. *Aquaculture*, 12(2): 137-140.
- Román-Contreras, R. 1979. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Macrobrachium tenellum* (Smith) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol.*, 6(2): 137-160.
- Román-Contreras, R. 1991. Ecología de *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae) en la laguna Coyuca, Guerrero, Pacífico de México. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol.*, 18(1): 87-96.
- Román-Contreras, R. 1993. *Probopyrus pacificensis*, a new parasite species (Isopoda: Bopyridae) of *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) (Decapoda: Palaemonidae) of the Pacific coast of Mexico. *Proc. Biol. Soc. Washington*, 106(4): 689-697.

- Rosemond, A. M. Pringle & A. Ramírez. 1998. Macroconsumer effects on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. *Freshwater Biol.*, 39(3): 515-523.
- Rossi, N. 2012. Revisão das espécies de *Macrobrachium*, Bate, 1868, pertencentes ao complexo *M. olfersii* (Crustacea, Palaemonidae): análises morfológicas e moleculares. Dissertação de Mestrado em Biologia Comparada. Facultad de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 136 pp.
- Ruelas-Inzunza, J., C. Green-Ruiz, M. Zavala-Nevárez & M. Soto-Jiménez. 2011. Biomonitoring of Cd, Cr, Hg and Pb in the Baluarte River basin associated to a mining area (NW Mexico). *Sci. Tot. Environ.*, 409: 3527-3536.
- Ruiz, M., J. Peña & Y. López. 1996. Morfometría, época reproductiva y talla comercial de *Macrobrachium americanum* (Crustacea: Palaemonidae) en Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 44(1): 127-132.
- Ruiz-Santos, H. 1988. Estudio de la edad y crecimiento del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) en la laguna de Tres Palos, Gro. Tesis de Maestría en Ciencia del Mar, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México D.F., 78 pp.
- Salazar, G., C. Graziani, E. Villarroel, M. Luna, C. Moreno & M. Guevara. 2005. Hibridación entre los camarones de río *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) y *M. acanthurus* (Wiegmann). ¿Es posible? *Interciencia*, 30(8): 501-505.
- Sampaio, C., R. Silva, J. Santos & S. Sales. 2007. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). *Braz. J. Biol.*, 67(3): 551-559.
- Sánchez-Granados, O.A. 2008. Adaptabilidad del camarón de río nativo (*Macrobrachium tenellum*) en estanques de arcilla bajo un régimen natural/controlado y su influencia en su crecimiento y reproducción en el área de Chaguantique. Informe Técnico de Proyecto. REDISAL-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de El Salvador. Disponible en línea en <http://www.redisal.org.sv/proyectos/view/926>.
- Santos, E., A. Leal, P. Da Silva & E. Correia. 2007. Influência de diferentes dietas na sobrevivência larval do camarão de água doce *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). *Acta Sci. Biol. Sci.*, 29(2): 121-124.
- Signoret-Poillon, G. & E. Soto. 1997. Comportamiento osmoregulador de *Macrobrachium tenellum* y *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda: Palaemonidae) en diferentes salinidades. *Rev. Biol. Trop.*, 45(3): 1085-1091.
- Signoret, G. & D. Brailovsky. 2002. Population study of *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) in Coyuca de Benítez Lagoon, Guerrero, México. In: E. Escobar-Briones & F. Alvarez (eds.). *Modern approaches to the study of Crustacea*. Springer, Kluwer Academic-Plenum Publishers, New York, pp. 125-129.
- Signoret P. & S. Brailovsky. 2004. Adaptive osmotic responses of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann) and *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus) (Decapoda, Palaemonidae) from the southern Gulf of Mexico. *Crustaceana*, 77(4): 455-465.
- Silva Montenegro, S., N. Nordi & J. Marques. 2001. Contexto cultural, ecológico e econômico da produção e ocupação dos espaços de pesca pelos pescadores de pitu (*Macrobrachium carcinus*) em um trecho do Baixo São Francisco, Alagoas-Brasil. *Interciencia*, 26(11): 535-540.
- Silva, R., C. Sampaio & J. Santos. 2004. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *Braz. J. Biol.*, 64(3A): 489-500.
- Silva, G., M. Pantoja, M. Ferreira, E. Von Ledebur & R. Da Rocha. 2009. Gonadal structure analysis of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) from a wild population: a new insight into the morphotype characterization. *Aquat. Res.*, 40(7): 798-803.
- Souza, B., L. Stringuetta, A. Bordignon, L. Bohnenberger, W. Boscolo & A. Feiden. 2009. Polyculture of fresh water shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feeding with ration pelleted and mashed. *Semina: Cienc. Agrar.*, 30(1): 225-232.
- Sukumaran, N. & N. Kutty. 1979. Vulnerability of prey to predation by freshwater prawn, *Macrobrachium malcolmsonii*. *Aquaculture*, 16(4): 363-366.
- Tamburus, A., E. Mossolin & F. Mantelatto. 2012. Population and reproductive aspects of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836; Crustacea: Palaemonidae) from north coast of São Paulo State, Brazil. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 16(1): 9-18.
- Thorpe, T. & B. Lloyd. 1999. The macroinvertebrate fauna of St. Lucia elucidated by canonical correspondence analysis. *Hydrobiologia*, 400: 195-203.
- Torati, L., S. de Grave, T. Page & A. Anker. 2011. Atyidae and Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Caridea) of Bocas del Toro, Panama. *Check List*, 7(6): 798-805.
- Valencia, D. & M. Campos. 2007. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa*, 1456: 1-44.
- Valenti, W.C., L. de Arruda-Hayd, M. Vetorelli & M. Martins. 2011. Economic analysis of Amazon River

- prawn farming to the markets for live bait and juveniles in pantanal, Brazil. *Bol. Inst. Pesca*, 37(2): 165-176.
- Valverde-Moya, J. 2006. Cultivo larval del langostino autóctono *Macrobrachium carcinus* del Caribe Costarricense. Reporte del proyecto COBODES, 29 pp.
- Vásquez, E., M. Chujandama, C. García & F. Alcántara. 2000. Caracterización del hábitat de *Macrobrachium brasiliense* en hábitats acuáticos de la carretera Iquitos Nauta. *Fol. Amazon.*, 10(1-2): 57-71.
- Vega-Villasante, F., L. Espinosa-Chaurand, S. Yamasaki, E. Cortés, M. García-Guerrero, A. Cupul-Magaña, H. Nolasco-Soria & M. Guzmán-Arroyo. 2011a. Acuicultura del langostino *Macrobrachium tenellum*-Engorda de estanques semirrústicos. Universidad de Guadalajara, Jalisco, 87 pp.
- Vega-Villasante, F., E. Martínez-López, L. Espinosa-Chaurand, M. Cortés-Lara & H. Nolasco-Soria. 2011b. Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Trop. Subtrop. Agro.*, 14: 581-588.
- Ventura, D. & R. Mattei. 1977. Visual discrimination in the freshwater shrimp (*Macrobrachium acanthurus*). *Behav. Biol.*, 20(1): 116-121.
- Vergamini, F., L. Pileggi & F. Mantelatto. 2011. Genetic variability of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Contr. Zool.*, 80(1): 67-83.
- Villalobos-Hiriart, J.L., F. Álvarez, C. Hernández, G. de La Lanza & I. González-Mora. 2010. Crustáceos decápodos de las cuencas Copalita, Zimatán y Coyula, en Oaxaca, México. *Rev. Mex. Biodivers.*, 81: 99-111.
- Yamasaki, S., M. Ruíz-Fregozo, F. Vega-Villasante, L.D. Espinosa-Chaurand, E. Cortés-Jacinto & M. García-Guerrero. 2012. Contributions to the biology of moulting and growth of the long arm river prawn *Macrobrachium tenellum* (Decapoda Palaemonidae) in Mexico. *Arch. Biol. Sci.*, 64(2): 651-658.
- Zanders, I.P. & J. Rodriguez. 1992. Effects of temperature and salinity stress on osmoionic regulation in adults and on oxygen consumption in larvae and adults of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae). *Comp. Bio. Physiol. A*, 101(3): 505-509.
- Zuk, M. & G. Kolluru. 1998. Exploitations of sexual signals by predators and parasitoids. *Quart. Rev. Biol.*, 73(4): 415-437.

Received: 28 May 2012; Accepted: 22 October 2012